

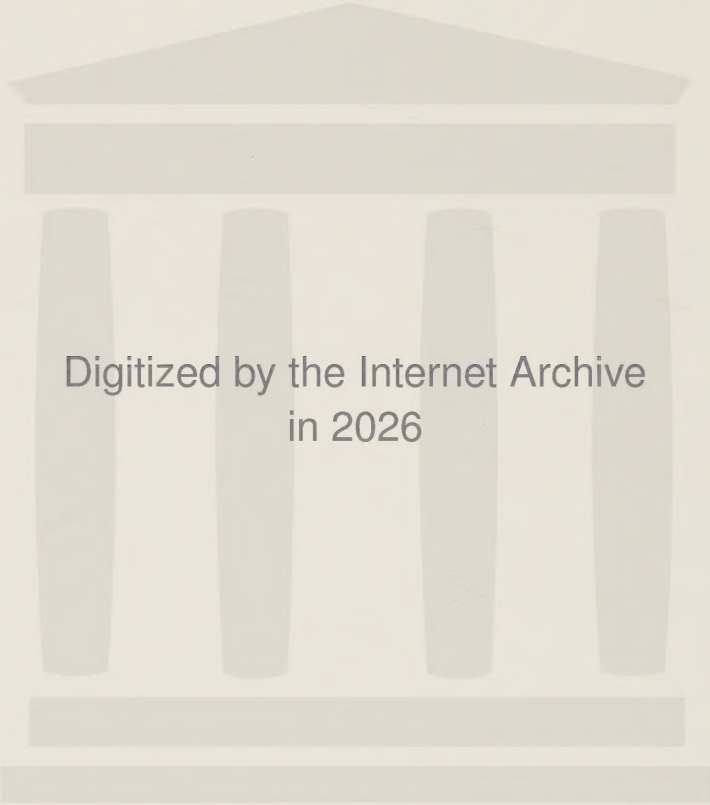
Aus der Chirurgischen Universitätsklinik
und Poliklinik Erlangen-Nürnberg
Prof. Dr. Gall

VERLETZUNGEN DER HALSWIRBELSÄULE MIT QUERSCHNITTLÄHMUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der gesamten Medizin
der Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Alexander Universität
zu Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Gerhard Gremer
aus Steinwiesen
Erlangen 1979



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546219_0081

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik
und Poliklinik Erlangen-Nürnberg
Prof. Dr. Gall

VERLETZUNGEN DER HALSWIRBELSÄULE MIT QUERSCHNITTLÄHMUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der gesamten Medizin
der Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Alexander Universität
zu Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Gerhard Gremer
aus Steinwiesen
Erlangen 1979

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. W. Kersten

Referent: Prof. Dr. H. Beck

Korreferent: Prof. Dr. F.P. Gall

Tag der mündlichen Prüfung: 12.05.1980

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

A) Einleitung	1
B) Embryologie der Wirbelsäule	2
C) Anatomie der Wirbelsäule	5
D) Verletzungen der Halswirbelsäule	10
I. Verletzungsmechanismen	10
1. Flexionsverletzungen	10
2. Biegungsverletzungen durch Hyperextension	11
3. Kompressionsverletzungen	12
4. Verletzungen durch Scherung	13
II. Arten der Knochenverletzungen	14
1. Wirbelkörperbrüche	14
2. Wirbelbogenfrakturen	15
3. Gelenkfortsatzbrüche	16
4. Querfortsatzbrüche	16
5. Dornfortsatzbrüche	16
III. Luxationen und Luxationsfrakturen	17
IV. Neurologische Verletzungen	19
V. Therapie	29
1. Konservative Behandlung	30
a) Die Behandlung nach Magnus	30
b) Extensionsbehandlung	31
c) Reposition	32
2. Die operative Therapie	34
a) Die operative Reposition	34
b) Stabilisierende Operation	35
c) Laminektomie	36
3. Die Behandlung der Querschnittslähmung	38

E) Material und Methodik	40
F) Eigene Untersuchungen	41
I. Verletzungsformen	41
II. Arten der Wirbelverletzung und Lokalisation	43
III. Nebenverletzungen	45
IV. Therapie	46
1. Behandlungsmethoden	46
2. Behandlungsmethoden und Alter	51
V. Therapieergebnisse	52
1. Dauerschaden	52
2. Rückbildung	53
VI. Todesfälle	57
1. Todesursachen	57
2. Todesfälle und zeitlicher Abstand vom Unfall	58
3. Todesfälle und Behandlungsmethode	59
G) Diskussion	61
H) Zusammenfassung	64
Literaturverzeichnis	67

A. Einleitung

Wer heute aufmerksam unsere zunehmend technisierte und immer vollkommener motorisierte Welt betrachtet, wird nicht nur auf die neuesten und modernsten Typen unserer Verkehrsindustrie aufmerksam, immer häufiger begegnet dem Beobachter auf der Straße, der Bahn oder in der Fußgängerzone ein von Hand selbst betätigter oder von einer hilfreichen Person geschobener kleiner Wagen, dessen Besitzer wir prima vista als Querschnittsgelähmten erkennen können. Er ist nicht nur Opfer, sondern auch sichtbarster Ausdruck einer durch Motorisierung und Technisierung ständig zunehmenden Unfallhäufigkeit mit Fraktur und Luxation der Wirbelsäule. Zweifellos gehört die Wirbelsäulenverletzung mit und ohne Querschnittsläsion neben den Frakturen im Kopfbereich nicht nur zu den häufigsten, sondern auch zu den gefährlichsten Verletzungsmechanismen unserer motorisierten Zeit. Auch wenn der medizinischen Forschung in Diagnose und Therapie, im Erkennen der pathologisch-anatomischen Zusammenhänge und der neurologischen Auswirkungen der verschiedensten Verletzungsarten und -mechanismen bedeutende Fortschritte gelangen, so gibt es doch - trotz modernster Therapie - eine nicht geringe Zahl derer, die behindert oder mit ungünstiger Prognose die Unfallkliniken und Rehabilitationszentren verlassen müssen.

Auf Anregung des Herrn Oberarztes Dr. Jörgensen habe ich die Aufgabe übernommen, einen Überblick über die Verletzungen der Halswirbelsäule zu geben, die Unfallmechanismen und neurologischen Auswirkungen einer Traumatisierung aufzuzeigen und über Behandlungsmethoden und Therapieergebnisse zu diskutieren.

Als Grundlage für meine Arbeit dienten die in den Jahren von 1965 bis 1975 in der chirurgischen Klinik der Universität Erlangen-Nürnberg beobachteten Verletzungen der Halswirbelsäule.

B. Embryologie der Wirbelsäule

In der Phylogenese entwickelt sich die Wirbelsäule aus dem Mesoderm. Das paraxiale Mesoderm, das zu beiden Seiten des Neuralrohres zu liegen kommt, differenziert sich etwa gegen Ende der 3. Embryonalwoche in einzelne Segmente. Diese Segmente, die aus epithelialen Zellen bestehen, bezeichnet man als Somiten. Sie liegen als Blöcke aus mesodermalem Gewebe beiderseits der Mittellinie und entwickeln sich zunächst nach kranial, wandern dann aber durch Hinzutreten neuer Blöcke kaudalwärts bis etwa in der 5. bis 6. Embryonalwoche 42 bis 44 solcher Paare angelegt sind (42).

Der segmentalen Gliederung entsprechend unterteilt man die Somiten in 4 okzipitale, 8 zervikale, 12 thorakale, 5 lumbale, 5 sakrale und 8 - 10 kokzygeale Paare. Diese Phase der Entwicklung ist so charakteristisch, daß man nach der Anzahl der angelegten Somiten eine Altersbestimmung des Embryos vornehmen kann (42).

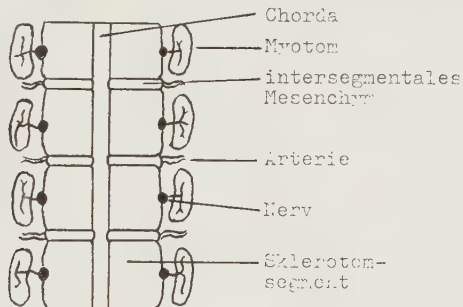
Tabelle 1: Somitenzahl bezogen auf das ungefähre Alter des Embryos in Tagen. (Aus Langmann Medizinische Embryologie)

Alter in Tagen	Somitenzahl	Alter in Tagen	Somitenzahl
20	1 - 4	25	17 - 20
21	4 - 7	26	20 - 23
22	7 - 10	27	23 - 26
23	10 - 13	28	26 - 29
24	13 - 17	30	34 - 35

Die Tabelle zeigt, daß die Anlage der Somiten in der 3. bis 4. Embryonalwoche außerordentlich rasch vor sich geht.

In der Folgezeit zeichnen sich die Somiten durch ihre Fähigkeit aus, rasch zu proliferieren und sich in verschiedene Richtungen zu differenzieren. Ebenso wandern sie von der Mittellinie weg in Richtung Chorda und heißen nun in ihrer Gesamtheit Sklerotom. Zurück bleibt eine Zellschicht, die zwischen Dermatome (entwickelt sich später zur Dermis und dem subkutanen Bindegewebe) und Sklerotom liegt und in ihrer Gesamtheit als Myotom bezeichnet wird. Dabei kommt jedes Myotom zunächst unmittelbar neben jedem Sklerotomsegment zu liegen. Aus dem Myotom entwickelt sich später die Muskulatur, aus dem Sklerotom die einzelnen Wirbel der Wirbelsäule.

Schema der Wirbelsäulenentwicklung in der 4. Embryonalwoche.
(Aus Langmann Medizinische Embryologie)



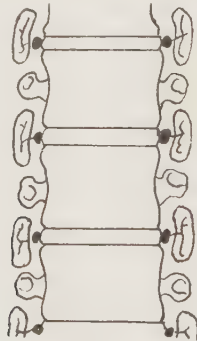
Das Schema verdeutlicht, daß die Wirbelsäule in dieser Phase der Entwicklung noch streng segmental gegliedert ist und durch die streng segmental bezogenen Myotome in ihrer Beweglichkeit behindert ist.

Würde die Entwicklung so fortschreiten, so wäre eine Beweglichkeit der Wirbelsäule außerordentlich schwierig. Im Laufe der weiteren Entwicklung kommt es jedoch zu einer Verdichtung des kaudalen Abschnitts eines jeden Sklerotomsegments und zu einer Verbindung mit dem kranialen Teil des nachfolgenden Segmentes, wobei das intersegmentale Mesenchymgewebe in diese Anlage eingeschlossen wird. Wichtig ist, daß die Myotome in dieser Phase der Entwicklung keine Veränderung erfahren.

Die Chorda, das frühembryonale Achsenorgan zwischen Entoderm und Medullarrohr, von dessen Differenzierung die Wirbelsäulenentwicklung abhängt, bildet sich in diesem Bereich zurück, während sie in den Zwischenräumen erhalten bleibt und sich vermutlich hier zum Nucleus pulposus entwickelt. Zusammen mit dem Anulus fibrosus bildet dieser die Zwischenwirbelscheibe. Somit ist durch Verdichtung des kaudalen Abschnitts eines jeden Sklerotomsegments und der Verbindung mit dem kranialen Teil des nachfolgenden Segments aus dem ursprünglich segmental gegliederten Wirbelkörperbau ein intersegmentales Gebilde geworden (42).

Von Bedeutung für die weitere Entwicklung und vor allem für die Beweglichkeit der Wirbelsäule ist nun, daß durch die intersegmentale Gliederung die Myotome in Höhe der Zwischenwirbelscheibe zu liegen kommen und hierdurch die Möglichkeit erhalten, an mehreren Wirbelkörpern zu inserieren.

Schema der Wirbelsäule nach Abschluß dieser Entwicklung.
(Aus Langmann Medizinische Embryologie)



Die Myotome überbrücken die Zwischenwirbelscheibe und gewährleisten dadurch die Beweglichkeit der Wirbelsäule.

C. Anatomie und Funktion der Halswirbelsäule

Die Wirbelsäule besteht aus 24 Wirbeln, die je nach ihrer Lokalisation verschieden geformt sind. So sind die Körper der Halswirbel im Vergleich zu den Wirbelkörpern im Lumbalbereich relativ klein, was nicht verwunderlich ist, denn die Halswirbel haben nur den Kopf zu tragen, während die Lendenwirbelkörper die ganze Masse des Körpers tragen müssen (63). Auch die Form der Wirbelkörper wechselt von Wirbelsäulenabschnitt zu Wirbelsäulenabschnitt. Im Halsbereich besitzen die Wirbelkörper eine viereckige Grundfläche, das Wirbelloch, Foramen vertebrale, ist weit und hat die Form eines Dreiecks mit abgerundeten Ecken. Der Wirbelkörper ist ein niedrig-zyklindrisches Knochenstück, das aus einer dünnen Kompaktalamelle und aus Spongiosa besteht, die mit rotem Knochenmark ausgefüllt ist. Im Brustbereich ist die Grundfläche des Wirbelkörpers dreieckig und im Lumbalbereich bohnenförmig (63). An den Wirbelkörper schließt sich der Wirbelbogen, Arcus vertebralis, mit dem dazugehörigen Wirbelloch, Foramen vertebrale, an, dessen Gesamtheit den Wirbelkanal, Canalis vertebralis, bildet, der das Rückenmark und seine Hüllen beherbergt. Von der Bogenwurzel gehen die Querfortsätze, Processus transversi, ab, die als Angriffspunkte für die Muskeln und im Brustbereich als Widerlager für die Rippen dienen. Das kennzeichnende Merkmal der Querfortsätze der Halswirbel ist ein rundliches Loch, das als Foramen transversarium bezeichnet wird. Seine vordere Begrenzung entspricht dem Rest einer Rippe, seine hintere dem eigentlichen Querfortsatz. Durch die Querfortsatzlöcher zieht die Arteria und Vene vertebralis (75). Weiterhin setzen am Wirbelbogen die Gelenkfortsätze, Processus articulares an, die im Halsbereich schräg nach dorsal, im Brustbereich frontal und im Lendenwirbelbereich sagittal gestellt sind. Sie dienen der gelenkigen Verbindung mit dem oberen und unteren Nachbarwirbeln. Ein weiterer Bestandteil des Wirbelbogens sind die Dornfortsätze. Sie sind im Halsbereich kurz und bis auf den 7. Halswirbel gegabelt. Letzterer ist von den Halswirbeln am längsten und kann unter der Haut getastet werden, weshalb er auch als

Vertebra prominens bezeichnet wird. Im Brustbereich sind die Dornfortsätze steil kaudalwärts gerichtet, während sie im Lendenbereich horizontal verlaufen, seitlich abgeplattet und sehr massiv sind.

Wirbelkörper, Wirbelbogen, Gelenk-, Quer-, und Dornfortsatz stellen den starren und unelastischen knöchernen Bauteil der Wirbelsäule dar. Zu den elastischen Bauteilen der Wirbelsäule rechnen die Bandscheiben und der Band- und Muskelapparat (46). Die Zwischenwirbelscheiben, Disci intervertebrales, enthalten einen Gallertkern, Nucleus pulposus, der als Rest der Chorda dorsalis anzusehen ist und außen von einem Faserring, Anulus fibrosus, aus derben kollagenelastischen Faserlamellen umgeben ist. Entsprechend der Form der Wirbelkörper sind die Zwischenwirbelscheiben der Halswirbelsäule auch anders geformt als an der Brust- und Lendenwirbelsäule. Beim Menschen nehmen die Wirbelkörperquerschnitte und die Wirbelkörpergewichte von der Hals- bis zur Lendenwirbelsäule allmählich zu, so daß sich die tragende Fläche von Wirbel zu Wirbel nach kaudal zu vergrößert. Dem entsprechend ändern sich auch Form und Größe der Zwischenwirbelscheiben, die an der Lendenwirbelsäule besonders kräftig entwickelt sind. Die Grundsubstanz des Gallertkernes besteht vorwiegend aus Mukopolysacchariden und besitzt ein hohes Wasserbindungsvermögen. (Beim Kind beträgt der Wassergehalt ca. 80 %). Schon ab dem 3. Lebensjahrzehnt nimmt der Wassergehalt des Nucleus pulposus ständig ab und damit auch der Turgor der Bandscheiben. Die Bandscheiben können ihren Stoßdämpfermechanismus nur mehr unvollkommen wahrnehmen, der Intervertebralraum wird schmaler, was röntgenologisch als das erste Anzeichen eines Alters- und Degenerationsprozesses gewertet wird.

Die Beweglichkeit der Wirbelsäule hängt von den kleinen Wirbelgelenken ab, die wie schon die Wirbelkörper, in den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten unterschiedlich geformt sind. Obwohl die Beweglichkeit des Einzelsegmentes durch die zahlreichen Bänder, die dorsal, ventral und intersegmental angreifen, sehr gering ist, ergibt die Summation dieser Einzelsegmente eine erhebliche Beweglichkeit der Gesamtwirbelsäule, die in den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten jedoch unterschiedlich ausgebildet ist. So ist der beweglichste Teil der Wirbelsäule im Halsbereich

zu finden, wo neben Drehbewegungen, Bewegungen in allen Ebenen des Raumes möglich sind. Ursache hierfür sind die fast ebenen und etwas schräg nach vorn geneigten Gelenkflächen. Hinzu kommt, daß die Gelenkkapseln im Halswirbelbereich besonders schlaff sind. So vermag die Halswirbelsäule infolge ihrer Flexibilität zwar Stöße in jeder Richtung abzufangen, die Gefahr der Luxation ist aber, bedingt durch den lockeren Gelenkapparat, erheblich größer als in anderen Bereichen der Wirbelsäule. Am unbeweglichsten ist die Wirbelsäule im Brustbereich, wo durch Abwinkelung und Steilstellung der Gelenkflächen sowie durch Insertion der Rippen Bewegungen stark gehemmt werden. So wird verständlich, daß die Gefahr der Luxation und Fraktur hier am geringsten ist. Die Lendenwirbel sind die kräftigsten von allen Wirbeln. Die Gelenkflächen sind sagittal gestellt und die oberen verzapfen sich mit denen des nachfolgenden Wirbels, so daß Rotationsbewegungen weitgehend ausgeschlossen sind. Dennoch ist sie, und hier vor allem der Übergang von der wenig beweglichen Brustwirbelsäule in die beweglichere Lendenwirbelsäule, am häufigsten von Verletzungen bedroht (63).

Tabelle 2 Bewegungsumfang der Wirbelsäule nach Rohen.
(Funktionelle Anatomie des Menschen)

	Beugung	Streckung	Seitwärts- neigung	Drehung
Halswirbelsäule	+++	+++	+++	+++
Brustwirbelsäule	++	+	++	++
Lendenwirbelsäule	++	+++	+	Ø

Der Wirbelkanal, der sich aus den Einzeelsegmenten zusammensetzt, beherbergt das Rückenmark, *Medulla spinalis*, mit den zugehörigen Spinalnerven. Die Länge des Rückenmarks beträgt etwa 40 bis 45 cm und weist ebenfalls eine Segmentgliederung auf. Nach oben geht es ohne scharfe Grenze in das Mark des Gehirns über. Kaudal endet es etwa in Höhe des 1. bis 2. Lendenwirbels und heißt hier wegen der kegelförmigen Anordnung Markkegel oder *Conus medullaris* (75). Das eigentliche kaudale Rückenmark ist stark rudimentiert und besteht nur aus einem einzigen Faden, dem Endfaden oder *Filum terminale*, der etwa eine Länge von 24 - 25 cm und eine Stärke von 1 mm besitzt (63). Die oberen zwei Drittel des Endfadens liegen frei im Duralsack, das untere Drittel ist mit einer Fortsetzung der *Dura mater* fest verwachsen. Durch die Rudimentierung des Rückenmarks in der Embryonalzeit kommt es zu dessen scheinbarem Aszensus, da sich der Wirbelkanal unverändert nach kaudal schiebt. Da aber die in den *Foramina intervertebralia* lokalisierten Spinalganglien ihre Lage nicht verändern, werden die kaudalen Wurzelfäden zunehmend in die Länge gezogen, woraus das Bild der *Cauda equina* resultiert.

Das Rückenmark weist nicht überall die gleiche Stärke auf. Bedingt durch die reichere Innervation der Extremitäten besitzt es zwei spindelförmige Anschwellungen, die *Intumescencia cervicalis*, im Bereich von C 5 - C 8 und Th 1 - Th 2 für die obere Extremität, und die *Intumescencia lumbalis* im Bereich von Th 9 bis L 2 für die untere Extremität. Betrachtet man das Rückenmark im Querschnitt, so fallen zwei deutlich gefärbte Substanzen auf, die schmetterlingsartig geformte graue Substanz, die *Substantia grisea*, und die diese vollständig umhüllende weiße Substanz, die *Substantia alba*. Die graue Substanz, die das gesamte Rückenmark von der *Medulla oblongata* bis zum *Conus medullaris* als sogenannte *Columna* durchzieht, besteht aus Nervenzellen, die entweder in Gruppen sog. Kerne oder *Nuclei* oder zerstreut angeordnet sind. In ihrer Gesamtheit stellen sie das Schaltwerk des Rückenmarks dar. Die Vordersäule enthält die motorischen Vorderhornzellen für die motorische In-

nervation der Skelettmuskulatur. Die hintere Säule enthält afferente Nervenfasern. Beide schließen sich noch innerhalb des Wirbelkanals zu einem gemischten Nerv, dem sog. Spinalnerv zusammen. Die weiße Substanz ist vorwiegend aus markscheidenhaltigen Nervenfasern aufgebaut und stellt das Leitwerk des Rückenmarks dar, das in Bahnen oder Tractus zusammengefaßt ist und eine Verbindung zu den zentralen Kernen im Gehirn herstellt (64).

D. Verletzungen der Halswirbelsäule

I. Verletzungsmechanismen

Lob (46) trifft eine Einteilung der Verletzungsmechanismen in 1. Stauchungsbrüche, 2. Biegungs- und Abscherungsbrüche, 3. Überstreckungsbrüche und 4. Drehbrüche.

Eine andere Einteilung der Wirbelsäulenverletzungen nimmt Liechti (45) vor. Bei ihm steht mehr die dynamische Auswirkung im Vordergrund. Er kommt deshalb zu folgenden Vorstellungen über den Verletzungsmechanismus:

1. Biegungsverletzungen durch Flexion
2. Biegungsverletzungen durch Hyperextension
3. reine Kompressionsverletzungen
4. Verletzung durch Scherung

1. Flexionsverletzungen

Nach Gelehrter (23) stehen Flexionsverletzungen bei der Halswirbelsäule bei weitem im Vordergrund. Morphologischer Ausdruck dieser Art der Gewalteinwirkung auf die Halswirbelsäule ist die Luxation, die Luxationsfraktur und die Zerreißung des hinteren Bandapparates, aber auch reine Frakturen kommen vor. Ursache der Hyperflexionsverletzung ist zum einen die plötzlich reflektorische Flexion des Kopfes unmittelbar vor einem Trauma oder auch das Fallen von Gegenständen auf Kopf und Nacken. Diese Verletzung ist z.B. sehr häufig bei Bauarbeitern und Bergleuten. Häufig kommt auch die Kombination eines Hyperflexionstraumas mit einem Hyperextensionstrauma zustande, dann, wenn gegenläufige Geschwindigkeitsänderungen unmittelbar aufeinanderfolgen, wie dies nicht selten bei Auffahrunfällen, aber auch bei plötzlicher und unerwarteter Beschleunigung geschieht. In der amerikanischen Literatur wurde hierfür der Begriff "whiplash-injury" (Peitschenschnurverletzung) geprägt. Inwieweit Muskelkontraktionen, z.B. Tetanus, bei Flexionsverletzungen eine Rolle spielen, darüber sind die Auffassungen in der Literatur noch unterschiedlich. Der Pathomechanismus der Flexionsverletzung kann folgendermaßen beschrieben werden: Bei einer Kraft, die hyperflektierend auf die Halswirbelsäule einwirkt, kommt es

zunächst zum vollständigen oder partiellen Zerreißen des hinteren Bandapparates, in der Regel die Ligg. interarcualia, Ligg. interspinalia und Ligg. supraspinalia. Durch diesen Bandapparat ist im allgemeinen der hintere Teil der Halswirbelsäule gegen Hyperflexion besser geschützt als der vordere Teil gegen Hyperextension, wo sich nur das Ligamentum longitudinale anterius von Segment zu Segment spannt. Können die oben genannten Bänder die einwirkende Kraft nicht abfangen, erfolgt eine weitere Zerstörung des Anulus fibrosus und ein Hervorquellen des Nucleus pulposus nach hinten, der wegen seines hohen Wassergehaltes nicht kompressibel ist. Weiterhin kommt es zum keilförmigen Zusammenpressen der Vorderteile des Wirbels und zum Auseinanderklaffen von Dornfortsätzen und Wirbelbogen. Das Zerreißen des Lig. longitudinale posterius und in seltenen Fällen auch des anterius beseitigt das letzte Hindernis für die völlige Dislokation, die Folge ist das Gegeneinandergleiten der Halswirbel und damit die Einquetschung des Rückenmarks. Kommt es zusätzlich zum Bogenbruch, nach Böhler der rettende Bogenbruch, so kann unter Umständen die völlige Querschnittsläsion vermieden werden. Zu erwähnen wäre noch, daß Flexionsverletzungen meist im mittleren und unteren Teil der Halswirbelsäule zu finden sind, da die physiologische Beugung hauptsächlich in diesem Teil vonstatten geht.

2. Biegungsverletzungen durch Hyperextension

Hyperextensionsverletzungen, die zahlenmäßig geringer vorkommen sollen als die Hyperflexionsverletzungen, sind vor allem ein Trauma der oberen Halswirbelsäule. Gelehrter (23) schätzt das Verhältnis von Flexion zu Hyperextension auf 90 : 10, andere Autoren machen andere Zahlenangaben, unterscheiden sich aber nicht wesentlich voneinander. Der Verletzungsmechanismus der Hyperextension ist vor allem der Sturz nach vorne auf Stirn und Gesicht, aber auch beim Sprung in zu seichtes Wasser können Hyperextensionsverletzungen vorkommen.

Nach dem Schweregrad trifft Miller (55) folgende Einteilung:

1. Rückenmarksschädigung ohne wesentliche Knochen- oder Bandläsion (einfache Hyperextensionsverletzungen nach Gelehrter).
2. Riß des vorderen Längsbandes und Aufklappen der Wirbelsäule nach hinten mit Rückenmarksschädigung.
3. Luxation nach hinten infolge Lösung des hinteren Längsbandes mit irreparabler Halsmarksschädigung.

Bourmer (8), ein Mitarbeiter von Lob, erklärt den Pathomechanismus folgendermaßen: Bei der reinen Hyperextensionsverletzung wird der Gallertkern nach ventral vorgepreßt, wozu noch kommt, daß das Ligamentum longitudinale anterius einreißt. Die Zerreißgrenze des vorderen Längsbandes liegt nach Davis bei 337 Lbs, umgerechnet also bei 152,86 kg. Bei maximaler Hyperextension drücken sich die beiden Wirbelbogen der an die verletzte Bandscheibe oben und unten angrenzenden Wirbelkörper in Höhe des Rückenmarkskanals gegen das Halsmark. Diese Druckstellen konnte Bourmer durch Modellversuche mit plastischer Masse nachweisen. Überdies gelang Bourmer der Nachweis der ödematösen Schwellung des Rückenmarks bei Druckschädigung, wodurch die Beobachtung erklärt wird, daß Lähmungen oft höher liegen als die Fraktur, da das nach Verletzung auftretende Ödem infolge der Unnachgiebigkeit des knöchernen Rückenmarkskanals ein oder zwei Segmente höher aufsteigen kann. Abrißbrüche an der Vorderseite der Wirbelkörper, Kantenabsprengungen und Frakturen der Gelenkfortsätze begleiten oft, neben der Fraktur des Wirbelkörpers die Hyperextensionsverletzung.

3. Kompressionsverletzungen

Reine Kompressionsverletzungen der Halswirbelsäule sind äußerst selten. Dies rührt daher, weil einerseits die Halswirbelsäule sehr beweglich ist, und zum anderen, weil die einwirkende Kraft in senkrechter Richtung auf die Halswirbelsäule auftreffen muß, bzw. axial, wenn sich die Halswirbelsäule in leichter Flexionsstellung befindet. Weiterhin ist nach Lob die Wirbelsäule ein

schwingendes System, in dem der Nucleus pulposus als aufnehmendes und lastenverteilendes Organ eine große Rolle bei der Umwandlung der Energie in den statischen Zustand spielt. Dies trifft zwar wegen der Größe der Bandscheiben mehr für die Lendenwirbelsäule zu, immerhin vermag das Bandscheibengefüge, auch im Bereich der Halswirbelsäule, kleinere Stöße abzufangen. Der Kompressionsmechanismus geht in folgender Weise vor sich: Zunächst kommt es zum Bruch der Deckplatten und damit zur Möglichkeit des Eindringens von Bandscheibengewebe in den Frakturspalt. Durch die Kompression kommt es zu einer Verdichtung im unteren Teil des Wirbels bzw. zu einem Auseinanderweichen der Knochentrümmer nach lateral, was röntgenologisch an einer verminderten Höhe des Wirbelkörpers und seiner Verbreiterung erkannt werden kann. Durch die Verdichtung des Wirbelkörpers nähern sich Gelenk-, Quer- und Dornfortsätze der benachbarten Wirbel, was ebenfalls gelegentlich zu deren Fraktur führen kann. Die schwerste Form des Kompressionsbruchs ist der Berstungsbruch. Hierfür ist die Stärke der Gewalteinwirkung und die Sprengkraft des Gallertkernes verantwortlich. Bei diesem kommt es nicht nur zu einem Vorfall von Bandscheibengewebe in das Innere oder zwischen die Bruchstücke der zerborstenen Wirbelkörper, sondern auch zu einem Zerreißen des Faserringes, da die Wirbelkörperbruchstücke meist mehr oder weniger stark, hauptsächlich nach seitlich und vorne, herausgedrückt werden. Teile des Nucleusgewebes und des Faserringes werden dabei nach allen Richtungen vorgepreßt (46). Am 1. Halswirbelkörper bezeichnet man diese Art der Fraktur als Jefferson - Fraktur. Morphologisch imponiert die einfache Kompressionsfraktur auf dem Röntgenbild in der Regel als Fragmentaussprengung, meist aus der vorderen oberen Wirbelkörperkante. Abbrüche aus der Hinterseite des Wirbelkörpers können schon zu einer Gefahr für das Rückenmark werden.

4. Verletzungen durch Scherung

Scherkräfte, die im Halswirbelbereich zu Frakturen führen, sind ebenfalls sehr selten. Häufig kommt es dann zum Bruch des Wirbelbogens, der aber - es sei denn mitverletztes Bandscheibengewebe dringt in den Wirbelkanal ein - sehr selten zu einer Läsion

des Rückenmarks führt. Häufiger schon kommt es bei dieser Art der Gewalteinwirkung zur Luxation bzw. Subluxation der Wirbelgelenke. Diese Art der Verletzung soll weiter unten beschrieben werden.

II. Arten der Knochenverletzungen

Die knöchernen Verletzungen der Halswirbelsäule bestehen in der Fraktur des Wirbels oder eines Teils und in der Luxationsfraktur, bei der zusätzlich zum Bruch des Wirbels noch eine Verschiebung benachbarter Wirbel gegeneinander stattfindet. Es darf nicht übersehen werden, daß reine Frakturen sehr selten sind. In den meisten Fällen handelt es sich um eine kombinierte Knochen- und Weichteilverletzung, auch wenn in der Röntgendiagnostik die Fraktur am auffallendsten ins Auge springt (35). Auf Veränderungen der Weichteile läßt sich oft nur sekundär schließen, z.B. durch Veränderung der Wirbelkörper-Bandscheiben-Grenze, Verschiebungen der Wirbel gegeneinander, also der vollständigen oder unvollständigen Luxation, Veränderungen im Gelenkgefüge, Dislokalisierung von Gelenkfortsätzen und Dornfortsätzen. Hier sollen nun die Frakturen der einzelnen Teile des Wirbels und insbesondere des Halswirbels besprochen werden.

1. Wirbelkörperbrüche

Wirbelkörperbrüche können als reine Körperbrüche ablaufen, was selten ist, oder, was öfters vorkommt, mit Beteiligung der Bandscheiben. Nach Junghans (35) ereignet sich der reine Wirbelkörperbruch vorwiegend im bandscheibennahen Wirbelkörperdrittel und wird im Röntgenbild an einer leichten Verdichtungszone im Knochenbälkchenwerk erkannt, wobei meist auch noch eine kleine Stufe der Wirbelkörperaußenwand auftritt (Zusammendrückungsbruch mit leichtem Schub nach vorn oder vorn-seitlich). Die Diagnose-sicherung erfolgt erst in Röntgenbilderreihen nach einigen Monaten durch das Fehlen jeglicher nachträglich entstehender Randzackenbildungen, die bei Mitverletzungen der äußeren Bandscheibenteile (Faserring) nicht ausbleiben.

Einen weiteren diagnostischen Hinweis ergibt die keilförmige Verschmälерung des Wirbelkörpers ohne Beteiligung des Wirbelbogens oder sonstiger Knochenstrukturen.

Wesentlich häufiger als der isolierte Wirbelkörperbruch kommt der Wirbelkörperbruch mit Bandscheibenverletzung vor. Kennzeichnende Hinweise sind Risse und Spaltbildungen der Bandscheiben oder deren Teile sowie das Prolabieren von Bandscheibengewebe, das bei einem Prolaps nach dorsal zu einer Rückenmarksläsion führen kann. Kommt es beim Körperbruch zu einer Mitverletzung der Deck- und Grundplatten, so kann - wie schon oben beschrieben - Bandscheibengewebe in die Risse und Spalten der geborstenen Knorpelplatten dringen und in schweren Fällen das Auseinanderbersten des Wirbels bewirken. Über die Häufigkeit von sagittalen Längsbrüchen, einer Bruchform, bei der der Wirbelkörper in zwei Teile gespalten wird, gehen die Meinungen in der Literatur sehr auseinander. Justus und Gelehrter halten sie jedoch für recht häufig und vermuten, daß diese Verletzungsart oft übersehen wird (41). Voraussetzung für deren Entstehung ist, daß sich die Halswirbelsäule genau senkrecht zur Gewalteinwirkung befindet und in dieser Stellung muskulär fixiert bleibt, daß also eine Flexion bzw. Extension zu diesem Zeitpunkt nicht möglich ist. Nach Dörfel (16) kann eine genau lotrechte Gewalteinwirkung jedoch nur im Wasser auftreten, wo die Beugung durch den Wasserwiderstand gebremst wird und eine Schienung der HWS erfolgt. So sind sagittale Längsbrüche überwiegend Folgen von Kopfsprüngen in zu seichtes Gewässer.

2. Wirbelbogenfrakturen

Die isolierte Wirbelbogenfraktur ist ebenfalls eine sehr seltene Verletzungsart. Junghans bezeichnet sie in Anlehnung an die Beckenringbrüche als Wirbelbogenringbrüche. Er hält es für denkbar, daß Frakturen, die als Bogenbrüche diagnostiziert werden, mit angeborenen Wirbelbogenfugen verwechselt werden könnten. Ausgang eines Bogenbruches kann die Bogenwurzel, das Zwischengelenkstück (Portio interarticularis) und im rückwärtigen Anteil die rechte oder linke Bogenplatte (Lamina) sowie der Dornfortsatz sein. Häufig ist der Bogenbruch als Begleitverletzung bei Luxationsfrakturen und Berstungsbrüchen, wo er unter Umständen eine

Querschnittsläsion verhindern kann.

3. Gelenkfortsatzbrüche

Auch die Fraktur des Gelenkfortsatzes ist häufiger Begleitverletzung anderer Brucharten und hier insbesondere von Luxationen und Luxationsfrakturen. Junghans hält aber auch die isolierte Fraktur eines jeden Gelenkfortsatzes durch unmittelbare Gewalteinwirkung für möglich. Andere Autoren (Mackh 49) bestreiten deren isoliertes Vorkommen. Gelegentlich sollen nach Junghans Verwechslungen mit knöchernen nicht vereinigten Nebenknochenkernen (Apophysen) der Gelenkfortsatzspitzen röntgenologisch möglich sein.

4. Querfortsatzbrüche

Nach Junghans (35) und Böhler (5) sind Frakturen der Querfortsätze vor allem eine Domäne der Lumbalwirbelsäule, wo gelegentlich Reihenbrüche mehrerer oder aller Lendenwirbelquerfortsätze einer Seite vorkommen. An Hals- und Brustwirbelsäule wird eine isolierte Fraktur nur selten beobachtet. Möglich ist auch hier eine röntgenologische Verwechslung echter Querfortsatzabbrüche mit Apophysenkernen, die keine knöcherne Verbindung mit der Querfortsatzspitze erlangt haben, ebenso können frakturierte Halsrippen mit Brüchen der Querfortsätze verwechselt werden.

5. Dornfortsatzbrüche

Schon Hippokrates (31) hatte die Fraktur der Dornfortsätze erkannt. Er schreibt: "Was die Verletzten betrifft, so werden sie schnell und ohne Zufall wiederhergestellt, denn alle diese Knochen von spongiösem Bau konsolidieren mit Schnelligkeit". Die Verletzungsursache kann direkte Gewalteinwirkung oder indirekt durch Überstreckung oder Überbeugung sein, aber auch durch plötzlichen oder stetigen Muskelzug (Schipperkrankheit, Schleuderbruch, Ermüdungsbrüche) kann es zur Fraktur der Dornfortsätze kommen.

Frakturgefährdet sind vor allem der 1. Brustwirbel, dann folgen der 7. Halswirbel, andere Dornfortsätze sind weniger gefährdet.

Erkannt wird die Fraktur durch örtliche Schmerzhaftigkeit über dem gebrochenen Dornfortsatz, röntgenologisch durch Verlagerung der Bruchstücke, die immer kaudalwärts erfolgt. Eine Beteiligung des Rückenmarks oder austretender Nervenwurzeln hält Böhler für unmöglich und operatives Vorgehen wegen der neurologischen Mitbeteiligung wird von ihm als irrationell abgetan. Er schreibt: "Der durch Muskelzug entstandene Bruch der Dornfortsätze ist eine vollkommen harmlose Verletzung, die um so rascher heilt, je weniger man sich um sie kümmert. Wichtig ist, dem Verletzten nichts vom Bruch seiner Halswirbelsäule zu sagen. Jene, welche das Röntgenbild gesehen oder sonstwie die Diagnose erfahren haben, sind meist leicht darüber aufzuklären, daß es sich nur um einen harmlosen, vom Rückenmark weit weg liegenden Knochenabriß handelt. Die Verordnung von Bettruhe ist nicht notwendig. Eine Operation ist immer überflüssig und oft schädlich (5)". Und Hippokrates schreibt zu diesem Thema: "Nichtsdestoweniger ist es in jeder Kunst, und nicht zum wenigsten in der ärztlichen Kunst schimpflich, viele Umstände, viel Aufsehen und viel Rederei zu machen und hinterher nichts damit zu erreichen (31)".

III. Luxationen und Luxationsfrakturen

Von Luxation spricht man, wenn ohne knöcherne Begleitverletzung die Gelenkfortsätze der Wirbelbogengelenke getrennt sind und es zu einer Verschiebung der Wirbelkörper gegeneinander gekommen ist. Abzugrenzen sind Subluxationen, bei denen die Wirbelgelenkflächen an der Grenze normaler Bewegungsmöglichkeit fixiert sind, während diese Grenze bei Luxationen überschritten ist(34). Die Dislokalisierung kann nach jeder Richtung erfolgen, sie kann einseitig oder beidseitig sein. Bei der Luxationsfraktur kommt zusätzlich zur Luxation noch eine Fraktur im Bewegungssegment hinzu. Daß diese Verletzungsart gerade im Bereich der Halswirbelsäule besonders häufig anzutreffen ist, geht ohne weiteres aus dem anatomischen Aufbau der zervikalen Wirbelgelenke hervor. Sie sind schräg nach dorsal gestellt, so daß flektierende wie auch extendierende Kräfte direkt an den Gelenken angreifen. Hinzu kommt die schon beschriebene enorme Beweglichkeit der Halswirbelsäule.

Als Verletzungsmechanismus kommt sowohl die Hyperflexion als auch die Hyperextension in Betracht, wobei die Hyperflexion in den Unfallstatistiken, wie auch bei Böhler (5), Gelehrter (23) bei weitem überwiegt.

Natürlich sind auch Luxationen bei Kompressionsfrakturen der Wirbelkörper möglich, wobei der Grad der Dislokalisierung sehr unterschiedlich sein kann. Die einseitige Luxation wird am häufigsten durch Drehbewegungen verursacht. Diese kann auch ohne eigentliches Unfallereignis vorkommen. Daß es bei Luxationen und Luxationsfrakturen immer auch zu einer Verletzung des Bandapparates und der Bandscheiben kommt, wurde schon bei der Beschreibung der Verletzungsmechanismen betont. Lob (46) hält allerdings die Unverletzlichkeit des vorderen oder seitlichen Faserringes für möglich, dann nämlich, wenn die Verschiebung der Wirbelkörper so vor sich geht, daß der obere Wirbelkörper mit dem erhaltenen Faserring und Teilen des unteren Wirbelkörpers zusammen abgleiten. Die Stücke, die dabei aus dem unteren Wirbelkörper herausbrechen, bleiben in unmittelbarem Zusammenhang mit dem äußeren Faserring.

Die Beteiligung des Rückenmarks ist vom Grad der Dislokalisierung und von der Weite des Wirbelkanals abhängig. Gelehrter (23) wies an Hand von Messungen darauf hin, daß der sagittale Durchmesser bei den einzelnen Menschen sehr individuell sein kann. So kommt er bei seinen Messungen an 30 Wirbelsäulen zu dem Ergebnis, daß die mittlere Weite des Wirbelkanals von kranial nach kaudal kontinuierlich abnimmt. Es wird hieraus verständlich, daß die Gefahr der Rückenmarksbeteiligung in den kaudalen Abschnitten der Halswirbelsäule größer ist als in den kranialen Anteilen. Weiterhin unterscheidet Gelehrter bei Rückenmarksbeteiligung auch noch zwischen Gleit- und Kippverrenkung. Eine Gleitverrenkung liegt vor, wenn zwei benachbarte Wirbelkörper in der Horizontalebene sich gegeneinander verschieben. Hier kommt es zur maximalen Einengung des Wirbelkanals. Bei der Kippverrenkung kommt es nicht nur zur Verschiebung in der Sagittalachse, sondern gleichzeitig auch noch zur Beugung der kranialen Wirbel in der Frontalebene, was zu einer Erweiterung des Wirbelkanals führt. Die Läsion des Rückenmarks ist hierbei um so geringer, je größer die Kippung des kranialen Wirbels nach vorne erfolgt. Gelehrter errechnete, daß bei einer Kippung um 35 Grad die engste Stelle des

Wirbelkanals im Vergleich zu einer Luxation gleichen Ausmaßes bei einer Gleitverrenkung um das Doppelte erweitert wird. Voraussetzung für die Kippverrenkung ist allerdings ein Reißen des hinteren Bandapparates. Zwar kommt es hier zu einer Dehnung des Rückenmarks, was aber gegenüber der Quetschung bei der Gleitverrenkung von geringerer Bedeutung ist. Ein anderer Mechanismus kann unter Umständen die Gefahr der drohenden Querschnittslähmung abwenden, dann wenn bei einer Luxation oder Luxationsfraktur der Bogen des verletzten Wirbels bricht. Von Böhler (5) als der rettende Bogenbruch bezeichnet. Dabei bricht nach Böhler der Bogen am 3., 4. und 5. Halswirbel im allgemeinen im hinteren Anteil, beim 6. Halswirbel hingegen in den Interartikularportionen. Der frakturierte Bogen wird durch Bänder und Muskel in stabiler Lage gehalten und kann sich so der Gleitbewegung des Wirbelkörpers nicht anschließen. Hierdurch kommt es, selbst bei hochgradiger Verschiebung der Wirbelkörper, zu einer maximalen Erweiterung des Wirbelkanals und selten zu einer vollständigen Querschnittslähmung. Allerdings muß auch eingeräumt werden, daß durch die Gewalteinwirkung oder durch Verzahnung unglücklicher Umstände Teile des gebrochenen Wirbelbogens in den Rückenmarkskanal gelangen und so zu dessen Läsion führen können.

IV. Neurologische Verletzungen bei Fraktur der Halswirbelsäule

Gerade bei Frakturen der Halswirbelsäule ist eine Beteiligung des Rückenmarks bzw. der Nervenwurzeln in so hohem Maße gegeben wie in keinem anderen Teil der Wirbelsäule. In unseren Untersuchungen erreichte der Anteil der Patienten, die auf Grund einer Verletzung der Halswirbelsäule eine komplette oder inkomplette Querschnittslähmung davontrugen einen Satz von 30% (Tab. 3). Hier soll nun näher auf Querschnittsläsionen eingegangen werden.

Eine Querschnittsläsion entwickelt sich, wenn mehr oder weniger der gesamte Rückenmarksquerschnitt von einer Läsion betroffen ist. Je nach der Höhe der Lokalisation ergibt sich das Bild der kompletten Para- oder Tetraparese mit Verlust der Sensibilität unterhalb der Läsion. Unmittelbar nach einer Traumati-

sierung des Rückenmarks entwickelt sich zunächst das klinisch relativ einheitliche Bild des spinalen Schocks, von v. Monakow als Diaschisis bezeichnet (57). Unterhalb des betroffenen Segmentes besteht eine schlaffe Lähmung mit abgeschwächten oder aufgehobenen Reflexen und ohne Pyramidenzeichen. Eine weitere Folge ist der vollständige Verlust der Sensibilität sowie eine Lähmung der Blase und des Mastdarms. Die Phase des spinalen Schocks dauert nach Mumenthaler 3 und in manchen Fällen auch bis zu 6 Wochen. An die initiale Schockphase kann das Stadium der Reorganisation treten, sofern das Rückenmark keine bleibende Schädigung erlitten hat. Das bedeutet eine Rückkehr der Reflexe mit den zugehörigen Kontraktionen der Muskeln, wobei als erste gewöhnlich die Beugereflexe nachweisbar werden. An diese schließen sich in der Regel in einem späteren Stadium auch Kontraktionen der Streckmuskulatur an. Voraussetzung für die Reorganisation ist jedoch die Unversehrtheit des Rückenmarks und der spinalen Reflexbögen. Gefahrenmomente, die die Reorganisation erschweren oder gar verhindern und damit ein sekundäres Querschnittssyndrom hervorrufen können, sind die Degeneration der Nervenfasern während der funktionslosen Zeit, eine Entzündung der Arachnoidea, bekannt als Arachnitis adhaesiva cystica, septische Infektionen durch aufsteigende Cystopyelitiden, die Unterbrechung der Blutzufuhr über die Arteria spinalis anterior et posterior, die Hämatomyelie, bei der es vorwiegend zu rhektischen Blutungen in die Hinterhörner des Rückenmarks und über Nekrosen und dem Stadium der Myelomalazie zu syringomyelieähnlichen Bildern kommen kann. Die Hämatomyelie breitet sich meist über mehrere Segmente mit aufsteigender Tendenz aus, wobei bevorzugt das untere Halsmark betroffen ist. Der Liquor ist meist, aber keineswegs immer blutig oder xanthochrom (57). Von besonderer Wichtigkeit ist das posttraumatische Ödem, das immer nach Markschädigung auftritt, das Ausmaß der Läsion vergrößern und den gesamten Querschnitt des Rückenmarks erfassen kann.

Sehr selten kommt es nach einer Läsion des Rückenmarks zu einer Halbseitenlähmung, dem sog. Brown - Sequard - Syndrom. Unterhalb des Läsionsortes findet sich eine zunächst schlaffe Lähmung

des homolateralen Armes und Beines und der entsprechenden Rumpfseite. Später kommt es infolge Unterbrechung der Pyramidenbahnen zu einer spastischen Parese mit gesteigerten Muskeldehnungsreflexen und der Ausbildung pathologischer Reflexe. Die Unterbrechung der Hinterstränge führt zur homolateralen Aufhebung der Tiefensensibilität sowie zu einer Störung des Vibrationssinnes. Weiterhin kommt es zu einer vorübergehenden homolateralen Oberflächenhyperästhesie durch Überlastung oder Enthemmung der gegenseitigen spinothalamischen Bahn. Ist die eintretende Hinterwurzel betroffen, so breitet sich eine segmentale Anästhesie und Analgesie aus, aus der jedoch wegen Überlappung der einzelnen Dermatome nur unvollständige, diagnostische Rückschlüsse auf die Lokalisation der Läsion gezogen werden können. Ferner kommt es bei Beteiligung vasomotorischer Fasern der Seitenstränge homolateral anfänglich zur Überwärmung und Rötung der Haut infolge vermehrter Hautdurchblutung, an die sich aber später eine Minderung der Hautdurchblutung unterhalb der Läsionsstelle anschließt. Die aufgezählten Empfindungsqualitäten betreffen alle die homolaterale Seite, wegen des anatomischen Verlaufs der Bahnen ist jedoch auch eine Beteiligung der kontralateralen Seite gegeben. So bewirkt die Läsion spinothalamischer Bahnen die kontralaterale Aufhebung oder hochgradige Verminderung des Schmerz- und Temperaturempfindens, während die Berührungsempfindung nur leicht vermindert oder weitgehend erhalten ist. Man spricht dann von einer dissoziierten Sensibilitätsstörung. Das Brown-Sequard-Syndrom ist aber, wie oben schon erwähnt wurde, in seiner reinen Form eine äußerst seltene Erscheinung bei einer Traumatisierung der Halswirbelsäule.

Viel häufiger als Reorganisation und Brown-Sequard-Syndrom oder spontane Rückbildung ist das bleibende Querschnittssyndrom. Bei unseren Patienten konnten von 27 Verletzten, bei denen eine komplette Querschnittslähmung diagnostiziert wurde, nur in 1 Fall eine vollständige Rückbildung beobachtet werden. An die Phase des spinalen Schocks mit der schlaffen Plegie schließt sich nach etwa 3 - 6 Wochen eine denervationsbedingte Überempfindlichkeit der Neurone an. Es kommt damit zum Vollbild

der Spastik. Der Muskeltonus ist erhöht, die Reflexe sind gesteigert, Pyramidenbahnzeichen bilden sich aus. Dazu besteht weiterhin der Sensibilitätsverlust und oft kommt es zum Auftreten sog. Reflexsynergien, zu unwillkürlichen stereotypen Bewegungsabläufen, die durch sensible Reize ausgelöst werden können, wobei zwischen Beuge- und Streckreflexsynergien unterschieden werden kann. Beide können zu lebensbedrohenden Komplikationen werden, wenn der Spasmus die Grenze des Erträglichen überschreitet. Loew (47) schreibt: "Es kommt zu ruckartigen Beugebewegungen der Beine im Hüft- und Kniegelenk. In extremen Fällen werden die Oberschenkel bis an den Leib gerissen und durch Kontraktion der Adduktoren zusammengepreßt. Meist müssen die Beine nach Abklingen des Paroxysmus durch fremde Hilfe in die Normallage zurückgebracht werden, und zwar sehr behutsam, weil sonst ein neuer Spasmus ausgelöst wird. Geschieht dies nicht, so kommt es unweigerlich zu schweren Beugekontrakturen. Die mit dem Synergismus verbundenen maximalen Muskelkontraktionen werden trotz des Ausfalls der Sensibilität als schmerzhaft empfunden, wobei die Schmerzleitung über vegetative Bahnen erfolgt. Wiederholen sich die Synergien häufig, so erschöpfen sich die Energievorräte des Körpers bis zur Entwicklung eines Marasmus. Das zur Dekubitusprophylaxe notwendige häufige Umlagern sowie die Pflege von Blase und Mastdarm sind erschwert. Es spielt sich kein Blasenautomatismus ein. Werden die Synergien nicht durch entsprechende Behandlung unter Kontrolle gebracht, so sterben diese Querschnittsgelähmten an Marasmus, Dekubitus und Harnwegeinfekten."

Neben der vollständigen motorischen Plegie ist der Querschnittsgelähmte auch von einem Sensibilitätsverlust unterhalb des verletzten Segmentes betroffen. Dabei sind alle Empfindungsqualitäten gleichermaßen gestört. Oberhalb des betroffenen Segmentes breitet sich jedoch häufig eine Zone der Hyperästhesie aus, die oftmals durch Stasen, Blutungen und Ödeme bedingt ist und die entweder alle oder nur einzelne Empfindungsqualitäten betreffen kann. Im Normalfall kehrt nach Ausschaltung der verursachenden Noxe die Normästhesie zurück, bleibt diese segmentale Reizung jedoch bestehen, so kann es nur zu einer partiellen

ständigen Rückbildung der Hyperästhesie kommen. Die den infraläsionären Marksegmenten unterstellten Körperregionen bleiben nach Totaldurchtrennung im Halsmarkbereich für dauernd anästhetisch (44). Gegenteilige Beobachtungen sind in der Literatur bis heute nicht beschrieben worden. Nach Querschnittsläsionen des Brustmarks wurden einzelne Fälle beschrieben (54), bei denen die Sensibilität infraläsionär versorgter Bezirke teilweise zurückkehrte. Man nimmt hier an, daß afferente Erregungen über den Grenzstrang des Sympathikus in supraläsionäre Marksegmente und von da in das Gehirn weitergeleitet werden. Nach Totaldurchtrennung im Halsmarkbereich besteht diese Möglichkeit nicht, da oberhalb von C 8 der Grenzstrang nicht mehr mit dem Rückenmark in Verbindung steht (44). Eine genaue Aussage über die Ätiologie dieser Phänomene ist aber bisher nicht möglich. Loew und Herrmann (30,47) berichten, daß neben den häufigen radikulären Schmerzen und bei Auftreten spastischer Reflexsynergien überwiegend bei schlecht rehabilitierten und psychisch nicht ausgeglichenen Verletzten mitunter dumpfe, diffuse manchmal brennende Schmerzen, die in einzelne Glieder oder Gliedmaßenabschnitte projiziert werden, auftreten. Auch Loew und Herrmann rechnen die Schmerzleitung dem vegetativen System zu.

Neben motorischer Parese und Sensibilitätsverlust ist der Plegiker von weiteren Störungen betroffen. Zur Störung der Thermoregulation kommt es, wenn die im Rückenmark verlaufenden sudorisekretorischen Fasern geschädigt werden. Da die Umschaltung dieser Fasern in die präganglionären Fasern in den Segmenten C 8 - L 3 erfolgt, die sympathischen Fasern aber das Rückenmark erst ab Th 3 verlassen, ist die vollständige Aufhebung der Thermoregulation nur ab einer Segmentschädigung oberhalb von C 8 möglich. Weiterhin ist ersichtlich, daß bei einer Läsion unterhalb von L 3 die Thermoregulation nicht mehr betroffen ist. Bei einer Schädigung des Zervikalmarkes breitet sich die Anhidrosis über die gesamte Körperregion aus, wobei wegen des anatomischen Verlaufs der Fasern auch das Gesicht betroffen ist. Bei einer unvollständigen Durchtrennung des Zervikalmarks kann sich jedoch nach Jahren wieder eine normale Schweißsekretion ausbilden. Leibnitz (46) berichtet, daß Literaturfälle bekannt

seien, bei denen man nach Halsmarkläsionen die zentral gesteuerte Schweißsekretion der kaudalen Dermatome stark herabgesetzt fand, während sie in den oralen Bezirken nicht nur erhalten, sondern sogar gesteuert war. Er vermutete deshalb, daß die Schweißbahnen für die untere und obere Körperhälfte im Rückenmarksquerschnitt getrennt voneinander liegen müßten und auch getrennt verletzt werden könnten.

Infolge der Vasomotorenlähmung kommt es bei Querschnittslähmung zur peripheren Vasodilatation mit einem Anstieg der Körpertemperatur bis zu 41 Grad und durch Verlust des Vasomotorentonus zu einer Erweiterung der venösen Strombahn und dadurch zu einem höheren Blutbedarf. Die Folge ist ein Abfall des systolischen und diastolischen Blutdrucks, was wiederum eine kompensatorische Zunahme des Schlagvolumens über die parasympathische Innervation des Herzens zur Folge hat. In dieser Phase ist die absolute Flachlagerung des Patienten geboten, da ein zu frühes Aufrichten einen orthostatischen Kollaps mit zerebraler Minderdurchblutung und Bewußtseinstörung verursachen kann. Während in der Initialphase, bedingt durch die hypotonen Kreislaufverhältnisse, die Schocksymptomatik im Vordergrund aller Behandlungen stehen muß, kann es 8 - 12 Monate nach dem Trauma zu einer bedrohlichen hypertonen Entgleisung der Kreislaufverhältnisse kommen. Ursache ist nach Mertens (53) nicht die Überdehnung der Blase infolge Volumenzunahme sondern die Zunahme des Blaseninnendrucks. Guttman glaubt, daß hierfür viszerovaskuläre Reflexe verantwortlich seien und Foerster führt die Hypertonie auf die Rückbildung der peripheren Vasodilatation zurück (44).

Eine vollständige Durchtrennung des Rückenmarks oberhalb des Halssegmentes C 4 ist mit dem Leben nicht mehr vereinbar, da die gesamte Atemmuskulatur einschließlich der Zwerchfellinnervation ausfällt. Die wenigen über den N. accessorius innervierten Muskeln sind nicht in der Lage, eine ausreichende Atemtätigkeit aufrechtzuerhalten (47). Aber auch wenn der Nervus phrenicus erhalten bleibt, ist die Gefahr der Ateminsuffizienz nicht gebannt, da ja weiterhin die Plegie der thorakalen Atemhilfsmuskulatur bestehen bleibt. Bei Ateminsuffizienz ist des-

halb sofortige künstliche Beatmung angebracht. Dies kann am Unfallort in Form der Mund-zu-Mund-Beatmung erfolgen, ansonsten mittels Intubation und maschineller Beatmung.

Neben den schon beschriebenen Störungen beim Querschnittssyndrom ist die Läsion der Blasenfunktion, die bei einer Querschnittslähmung immer betroffen ist, eine der gravierendsten. Die Steuerung dieser Funktion erfolgt über ein mehrgliedriges System von Efferenzen und Afferenzen. Efferenzen erfolgen über den Parasympathikus durch die Wurzeln S 2 bis S 4 und den Nervus pelvicus zum Detrusor vesicae und den Musculus sphincter vesicae internus. Hier bewirkt die Reizung eine Harnentleerung, da sich der Detrusor kontrahiert und der Sphincter vesicae gehemmt wird. Sympathische Efferenzen verlaufen durch die lumbalen und unteren thorakalen Wurzeln und dem Grenzstrang. Eine Reizung bewirkt eine Harnverhaltung, da sich der Sphincter vesicae kontrahiert und der Detrusor vesicae gehemmt wird. Im Anschluß an Rückenmarkstraumen, die zur Querschnittsparese führen (Contusio oder Compressio spinalis), kommt es zur sog. Schockblase. Es besteht gewöhnlich Harnverhaltung. Der Kranke verspürt dabei keinen Harndrang. Der Detrusor tonus ist bei der akuten Querschnittsunterbrechung schlaff. Infolge der fehlenden Sensibilität kommt es zur Überdehnung der Blasenwand, zur Ischuria paradoxa. Diese Form der Blasenentleerungsstörung ist unabhängig von der Höhe der spinalen Läsion. Man findet sie sowohl bei Querschnittsunterbrechung in Höhe des Halsmarks als auch des Lendenmarks (74). Nach Rückbildung des spinalen Schocks, können sich nach Mumenthaler 5 Haupttypen ausbilden, die Miktionsstörungen verursachen können. Wird der afferente Reflexbogen gestört, wie dies z.B. bei Durchtrennung der hinteren Wurzeln des 2., 3. und 4. Sakralsegments, aber auch häufig bei der Tabes dorsalis der Fall ist, so fallen die sensiblen Impulse über den Nervus hypogastricus, die Nervi pelvici und Nervi pudendi aus. Es entwickelt sich die sensorisch-atone Blase, die durch den fehlenden Harndrang charakterisiert ist. Durch die Sensibilitätsstörung kommt es zu einer ständigen Überdehnung der Blasenwand und damit zur Schädigung des M. pubovesicalis, der seinen Tonus verliert. Es entwickelt sich eine Ischuria para-

doxa, ein unwillkürlicher, tropfenweiser Harnabgang bei überfüllter Blase mit der Gefahr des Rückstaus in Ureter und Niere (74). Durch die Unterbrechung der sensiblen Fasern ist das Gefühl für die volle Blase verlorengegangen.

Ist der efferente Teil des spinalen Reflexbogens unterbrochen, so kommt es ebenfalls zur Überlaufblase; hier jedoch ist das Gefühl der vollen Blase erhalten und man spricht von einer motorisch-atonischen oder motorisch-paralytischen Blase.

Kommt es zur völligen Denervierung der Blase, sind also beide Schenkel des Reflexbogens peripher durch Zerstörung der Rückenmarkssegmente S 2, S 3 und S 4 oder durch Läsion des spinalen Blasen zentrums im Conus terminalis gestört, so entwickelt sich die denervierte oder autonome Blase. Der Tonus der Blasenmuskulatur ist schlaff, willkürliche Kontraktionen sind nicht mehr möglich, was ebenfalls eine Überlaufblase zur Folge hat. Mit der Zeit können sich autonome Kontraktionen des Detrusors einspielen, die jedoch für das Zustandekommen einer Miktion nicht ausreichen.

Der bei Querschnittsläsionen sich am häufigsten ausbildende Entleerungsmechanismus ist der Typ der reflektorisch-neurogenen Blase oder der automatischen Blase. Bei Rückenmarksläsion oberhalb des Sakralmarks kann es über den noch erhaltenen Reflexbogen allmählich zu einer unwillkürlichen intermittierenden Blasenentleerung, eben zur sog. Reflexblase mit einer Incontinentia intermittens kommen. Eine willkürliche Entleerung der Blase ist nicht mehr möglich, jedoch kommt es beim Erreichen eines gewissen Füllungsdrucks zur reflektorischen Kontraktion und zur Teilentleerung der Blase mit einer mehr oder weniger großen Restharnmenge. Wenn auch das Gefühl des normalen Harndrangs fehlt, so kann sich die Blasenfüllung durch unbestimmtes abdominelles Druckgefühl, durch Schweißausbruch, Gesichtsrötung, Tachykardie und andere vegetative Erscheinungen bemerkbar machen. Um die Restharnmenge so gering wie nur möglich zu halten, empfiehlt sich die manuelle Kompression der gelähmten Bauchdecken. Häufig lernen die Gelähmten auch, den Füllungs Zustand der Blase in etwa abzuschätzen. Bei kompletter Durchtrennung des Rückenmarks ist die gut funktionierende Re-

flexblase das günstigste Resultat bezüglich der Blasenfunktion. Als Kriterien der gut funktionierenden Reflexblase gelten:

1. Die reflektorische Blasenentleerung darf nicht öfters als in einem Intervall von 2-3 Stunden erfolgen.
2. Der Kranke muß bei normaler Flüssigkeitszufuhr während der 2-3-stündigen Miktionspause seine Blase sicher beherrschen.
3. Der Restharn darf 100 ml nicht übersteigen (39).

Der Zeitpunkt bis zur Ausbildung dieses automatischen Reflexes wird unterschiedlich angegeben und ist wohl auch individuell verschieden. Haumann (27) berichtet, daß bei seinen Patienten eine Dauer von 4 Tagen bis zu 5 Monaten notwendig war. Andere Autoren (Hansen und Jäger) schreiben von einer durchschnittlichen Dauer von 4 bzw. mindestens 5 Wochen (39). Die Hauptgefahren der reflektorisch-neurogenen Blase liegen zum einen darin, daß sich der Blasenreflex infolge chronischer Überdehnung durch den Restharn und ständiger Infektion überhaupt nicht ausbildet, was die Lebenserwartung des Querschnittsgelähmten wesentlich verkürzt und die Rehabilitation sehr erschwert, und zum anderen in der erhöhten Gefahr der Konkrementbildung in den harnableitenden Wegen. Um die Infektionsgefahr so gering wie nur möglich zu halten, empfiehlt es sich, möglichst bald auf Einzelkatheterisierung überzugehen, häufige Urinuntersuchungen vorzunehmen und prophylaktisch die Resistenz der Erreger zu testen, um gegebenenfalls gezielt therapieren zu können.

Nicht weniger wichtig ist nach Überwindung des spinalen Schocks die Regelung der Darmfunktion. Häufig herrscht im Initialstadium eine völlige Darmatonie, die nach einiger Zeit in eine Darmträgheit übergeht und die - trotz der reflektorischen Entleerung des Rektums bei einem gewissen Füllungsstand - nicht mehr vollständig behoben werden kann. Ist der Defäkationsmechanismus gelähmt oder reicht die Stärke des Reflexes nicht aus, so empfiehlt sich die digitale Ausräumung der Fäkalien. Der paralytische Ileus läßt sich am besten mit Prostigminin-

jektionen, Absaugen des Magensaftes, rektaler Sonde und Instillation hypertoner Kochsalzlösung behandeln (12). Nach Überwindung der Darmlähmung empfehlen Loew und Herrmann jeden Abend als Gleitmittel Paraffin oder paraffinhaltige Kombinationspräparate und morgens nüchtern, eine halbe Stunde vor dem Frühstück, 1 Eßlöffel Karlsbader Salz oder Magnesium sulfuricum auf ein Glas Wasser. Unter Ausnützung der durch die Mahlzeit angeregten Darmmotilität wird anschließend an das Frühstück der Leib massiert, und zwar dem Verlauf des Dickdarms folgend. Im Bedarfsfall kann außerdem mit Glyzerinzäpfchen oder mit einem kleinen Einlauf nachgeholfen werden. Bei der Ernährung ist auf schlackenreiche Kost und Zugabe verdauungsfördernder Bestandteile, wie Olivenöl, Feigen und dergleichen hinzuwirken (12).

Von höchster Bedeutung ist neben der Pflege der Harnwege und des Darmtrakts und der Verhinderung von Cystopyelitiden die Verhütung von Dekubitalgeschwüren, Thombosen und Gelenkversteifungen. Eine wirksame Dekubitalprophylaxe setzt eine optimale Lagerung voraus, am besten mit stoffüberzogenen Schaumgummiblöcken (12). Besonders gefährdet sind Hinterkopf, Schulterblattgegend, Kreuzbein und Fersen, die einer besonderen Entlastung bedürfen. Die Umlagerung erfolgt am besten in einem 2-Stunden-Rhythmus. Es braucht nicht betont zu werden, daß hierzu ein besonders geschultes Personal notwendig ist und die Pflege Querschnittsgelähmter die Möglichkeit einer normalen Krankenstation übersteigt.

In Ergänzung zur Dekubitalprophylaxe kommt der Pflege der Haut eine besondere Bedeutung zu. Loew (47) rät, bei eingetretenen Dekubitus über die Nahrung reichlich Eiweiß zuzuführen und auch Blut und Plasma zu infundieren, da bei diesen Verletzungen häufig eine Anämie auftritt und der Bluteiweißspiegel absinkt. Damit könne das Auftreten von Ödemen verhindert und die Trophik der Haut verbessert werden.

Wenn irgendwie möglich sollte der Querschnittsgelähmte möglichst bald mobilisiert werden. Dazu gehört das frühzeitige aktive Training aller nicht gelähmten Muskeln durch erfahrene

Krankengymnastinnen. Hierdurch kann die Kreislaufsituation verbessert werden, Thrombosen vorgebeugt, myogenen und tendogenen Kontraktionen sowie Gelenkversteifungen besser begegnet werden. Neben allen therapeutischen Aufwand darf das seelische Trauma des Querschnittsgelähmten nicht vergessen werden, das wie kein anderes in besonderer Weise psychologisches Einfühlungsvermögen verlangt.

V. Therapie bei Frakturen der Halswirbelsäule

Lange Zeit war die Behandlungsmethode bei Verletzungen der Halswirbelsäule Anlaß heftiger Diskussionen. Den Anhängern der streng konservativen Therapie ohne Aufrichtung standen die Befürworter der Böhlerschen Methode mit der sofortigen Aufrichtung gegenüber. Heute ist diese Polarisierung weitgehend in den Hintergrund getreten. Man orientiert sich am Patienten und entscheidet von Fall zu Fall, d.h. maßgebend für die Wahl der Therapie ist der klinische und röntgenologische Befund. Nichts wäre wohl für die Medizin und das Wohl des Patienten abträglicher als therapeutisches Handeln nur um des persönlichen Prestiges willen oder weil man überzeugter Anhänger der einen oder anderen Schule ist. So gesehen läßt sich die Therapie der Halswirbelfraktur grundsätzlich in konservatives und operatives Vorgehen gliedern, wobei beide Methoden heute in zahlreiche Varianten unterteilt werden können.

Die konservative Behandlung läßt sich weiter aufteilen in:

- a) funktionelle Behandlung nach Magnus
- b) Extensionsbehandlung
- c) aktive Reposition nach Böhler mit anschließender Ruhigstellung im Gipsverband.

Die operative Therapie kann man untergliedern in:

- a) operative Reposition
- b) stabilisierende Operation
- c) Laminektomie

1. Konservative Behandlung

a) Die Ruhigstellung im Krawattenverband

Die Ruhigstellung im Krawattenverband verzichtet bewußt auf jegliches Manipulieren des verletzten Wirbelabschnitts und begnügt sich mit der Lagerung auf harter Unterlage (46). Magnus hält die Dauer der absoluten Bettruhe mit 4 Wochen für ausreichend. Nach dieser Zeit hält Magnus ein Aufsitzen im Bett für unbedenklich und nach weiteren 14 Tagen kann mit Massagen und vorsichtigen Gehübungen begonnen werden. Die Gesamtkrankheitsdauer hängt wesentlich von den Begleitverletzungen ab und schwankt allgemein zwischen 4 und 6 Monaten. Auch dürfte die Art der Knochenverletzung eine nicht unbedeutende Rolle spielen.

Bei unseren Patienten betrug die Gesamtkrankheitsdauer der mit Ruhigstellung im Krawattenverband behandelten Verletzten 4,45 Monate, was mit den oben angegebenen Literaturwerten durchaus übereinstimmt. Ebenso konnten wir feststellen, daß bei uns hauptsächlich Verletzungen leichterer Art nach dieser Methode behandelt wurden. Andere Autoren (12) sehen insbesondere Frakturen der Dornfortsätze, Querfortsätze und spontan reponierte Subluxationen für eine Ruhigstellung im Krawattenverband als geeignet an, während Magnus prinzipiell und gleichgültig um welchen Schweregrad es sich handelt die absolute Bettruhe für das Beste hält. Er glaubt, daß durch das Ineinanderstauchen der Knochenbälkchen eine gewisse Festigkeit und Belastbarkeit erreicht wird, die durch die endostale Kallusbildung noch verstärkt wird. Diese Ansicht wurde auch von Junghans vertreten und von Bürkle de la Camp noch eingehend begründet (12). Weiterhin vertreten Magnus und seine Schule die Meinung, daß bei einer Fraktur die Bruchstücke dermaßen eingekeilt sind, daß eine Selbstaufrichtung oder Aufrichtung nach Reposition nur selten möglich ist. Dieser Meinung schließen sich aber Bürkle de la Camp, Böhler L., Böhler J. und viele andere Autoren, um nur einige zu nennen, nicht mehr an.

b) Extensionsbehandlung

Unter der Extensionsbehandlung versteht man die langsame Einrichtung im Dauerzug, wobei der Dauerzug so lange aufrechterhalten wird, bis ein seitliches Abgleiten nicht mehr möglich ist. Über die Dauer der Extensionsbehandlung gibt es unterschiedliche Auffassungen. Man geht aber im allgemeinen von einer Dauer zwischen 6 und 12 Wochen aus, je nachdem welcher Bezirk der Halswirbelsäule von der Fraktur betroffen worden ist. So erfordern Frakturen der ersten beiden Halswirbel eine längere Extensionsdauer. Hier lassen sich sicherlich keine festen Regeln aufstellen, was ebenfalls auch für das Extensionsgewicht zutreffend ist. Das klassische Mittel der Extensionsbehandlung war die Glissonschiene mit Ansatzpunkten am Kinn und Hinterkopf, die heute von einem Teil der Autoren (50) auch bei starken Dislokationen abgelehnt, von einem anderen Teil der Autoren (40,58) grundsätzlich befürwortet wird. Wieder andere wenden den Dauerzug mit der Glissonschiene nur bei bestimmten Indikationen an. Zu diesen gehört beispielsweise Gold E. (20), der nach vorangegangener Reposition einen Dauerzug von 4 Wochen für erforderlich hält. Auch Karitzky (38) befürwortet bei Luxationen eine Extensionsbehandlung ähnlicher Dauer. Eine Extensionsbehandlung über 2 bis 4 Wochen mit einer Belastung von 5 kg wendet Brunner (9) bei Frakturen des Dens an, während Harrfeldt (26) bei Densfrakturen nur mit 500 g belastet, die Dauer der Extension auf 3 Tage begrenzt und anschließend einen Kopf-Hals-Thorax-Gips anlegt. Neben Magnus lehnt auch Bürkle de la Camp (10) die Extensionsbehandlung mit der Glissonschen Schlinge ab. Er schreibt: "Die Lehrbuchmeinungen, daß eine Einrenkung mit der Hand oder gar in Narkose die Gefahr einer Halsmarkschädigung oder einer Verletzung der im verlängerten Mark liegenden lebenswichtigen Zentren bedeutet, führt dazu, daß die meisten Halswirbelluxationen lange Zeit in der Glissonschen Schlinge gestreckt werden, um die Selbsteinrenkung während der Extensionsbehandlung abzuwarten. Veraltete Luxationen mit Druck auf das Halsmark sind neben Fehlstellungen und Bewegungseinschränkungen der Halswirbelsäule sowie erhebliche Beeinträchtigungen der Arbeitsfähigkeit die

Folgen dieser konservativen Behandlung." Auch Reimers (61) bezeichnet den Dauerzug mittels der Glissonschen Schlinge als einen nicht ungefährlichen Versuch mit unzureichenden Mitteln. Er hält die Zangenkonstruktion nach Crutschfield, bei der Metallstifte beidseits in die Schädelkalotte bis zur Tabula interna eindringen, für besser geeignet, einen Dauerzug über Wochen auszuüben. Außerdem könne man hierbei ohne Belästigung für den Verletzten das Extensionsgewicht auf 10 - 15 kg erhöhen. Auch Herion (29) gibt der Zangenextension gegenüber der Glissonschen Schlinge den Vorzug. Den Vorteil sieht er darin, daß bei der Crutschfield-Klammer der erhebliche Dauerdruck auf Unterkiefer sowie Nackenregion wegfällt, der Unterkiefer frei beweglich bleibt und jederzeit eine unbehinderte Intubationsnarkose zur vollkommenen Relaxierung, aber auch eine freie Nahrungsaufnahme möglich ist. So kommt man beim Studium der Extensionsbehandlung zu dem Ergebnis, daß diese zwar ein unbestrittenes Mittel zur Behandlung der Halswirbelverletzung ist, über die Dauer, das Zuggewicht und die Art der Zuggurtung doch erhebliche Unterschiede bestehen.

c) Reposition

Es ist allgemein bekannt, daß die Reposition, d.h. die baldmögliche Wiederherstellung normaler Wirbelsäulenverhältnisse im Jahre 1929 von Böhler L. eingeführt wurde (41). Er wandte das Grundgesetz jeder Frakturbehandlung auch für die Fraktur der Wirbelsäule an: Einrichten, Festhalten, Üben.

Im Bereich der Wirbelsäule hält Böhler die Einrichtung von Frakturen der Halswirbelsäule, des 10. - 12. Brustwirbels und der Lendenwirbelsäule für erforderlich, sieht aber von einer Einrichtung bei Frakturen der Brustwirbelsäule - außer den oben genannten - ab, da diese verhältnismäßig wenig Beschwerden verursachen, durch die langen Rippen in genügender Weise abgestützt werden und es außerordentlich schwierig ist, die erzielte Stellung dauernd aufrechtzuerhalten. Als oberste Altersgrenze sieht er das 60. Lebensjahr an, unter anderem auch deswegen, weil diese Leute im allgemeinen doch keine schwere Arbeit mehr verrichten können. Der Zeitpunkt der Einrichtung

muß besonders bei Lähmungen so rasch wie möglich gewählt werden, um das Mark vom Druck zu befreien und um die Bruchstücke ruhigzustellen. Böhler hält deshalb die Reposition schon am ersten Tag für erforderlich, weil sich die Wirbelkörper zu dieser Zeit am besten entfalten und voll aufgerichtet werden können. Als Zuggurtung verwendet Böhler die Glisson'sche Schlinge. Unmittelbar am Kopf angreifende Klammern oder Drähte, die durch das Schädeldach gezogen werden, lehnt er ab, da der unmittelbar am Knochen angreifende Zug nicht ungefährlich ist und bei Drähten die Gefahr einer Hirnhautentzündung besteht. Nach der Reposition erfolgt eine ausreichende Ruhigstellung im Gipsverband, die nicht zu früh aufgegeben werden darf. Um eine Atrophie der ruhiggestellten Muskeln zu vermeiden, soll möglichst bald mit einer entsprechenden Übungsbehandlung begonnen werden. Die Dauer der Ruhigstellung liegt bei der Halswirbelsäule zwischen 3 und 6 Monaten, weil es gewöhnlich sehr lange dauert bis die zerrissenen Zwischenwirbelscheiben und die hinteren Bänder fest miteinander verwachsen sind. Auch Bürkle de la Camp (10) und Böhler J. (3) sehen in einer möglichst frühzeitigen Reposition die besten Aussichten auf dauernde Heilung, da bindegewebige Vernarbungen der zerrissenen Bänder und Kallusvermittlung der Knochenbrüche und der Bänderausrisse wesentliche Heilungsfaktoren sind. Sind schon Tage oder gar Wochen seit der Läsion vergangen, bevor die Einrichtung vorgenommen werden kann, so sind die Ausheilungsaussichten infolge des schon erfolgten Umbaus der verletzten Gewebe weitaus schlechter oder sie sind schon ganz geschwunden (10). Die Reposition läßt sich, je nach Autor, in Lokalanästhesie oder in intravenöser Vollnarkose gegebenenfalls mit Intubation und Muskelentspannung durchführen. Bürkle de la Camp (10) empfiehlt die Vollnarkose, da sich hierdurch eine weitaus bessere Entspannung der Halsmuskulatur erzielen läßt und dadurch allein schon die Kraft der Arme genügt, um eine Einrenkung vorzunehmen. Auch Übermuth (74), Driesen (17), Hellner (28), Weber (77), Seyfarth (68) befürworten die Vollnarkose und sehen darin keine Gefahr, evt. Querschnittsläsionen inter repositionem zu übersehen (41). Hingegen warnt Gelehrter (22) vor eben dieser Gefahr. Die Einrenkung erfolgt durch Zug, Neigung und Drehung, so wie es der

Einzelfall erfordert. Die erfolgte Einrenkung fühlt und hört man. Sie wird sofort durch eine Röntgenaufnahme nachgeprüft. Sobald die Einrenkung sicher erfolgt ist, wird der Gipsverband in liegender Haltung angelegt, und zwar stets ein Gipsverband, der den Brustkorb, den Hals und den Kopf in geringer Überstreckstellung der Halswirbelsäule festhält (10). Kontrollaufnahmen sind nach 1 Tag, nach 7 Tagen, nach 2 Wochen und dann nur noch nach jeweils 3 Wochen notwendig, um etwaige Stellungsveränderungen im Gipsverband abfangen und ausgleichen zu können. Indikationen sind nach Böhler (4) alle Frakturen und Luxationen - soweit sie oben nicht ausgenommen wurden - mit oder ohne partielle Lähmungen. Als Kontraindikationen werden schlaffe, komplette Querschnittsläsionen und der schwere traumatische Schock angesehen.

2. Die operative Therapie

Eine weitere Behandlungsmöglichkeit von Halswirbelfrakturen und -luxationen ist die Operation, wenngleich sie noch nicht die vollste Zustimmung aller Autoren erlangt hat. Böhler J. (3) sieht eine Indikation zur operativen Behandlung bei allen Teillähmungen, bei denen eine ideale Reposition nicht gelingt, vor allem, wenn Knochenfragmente in den Rückenmarkskanal vorstehen. Weitere Indikationen sind nach seiner Meinung auch un stabile Luxationsfrakturen, die wieder reluxieren, ebenso bei veralterten Frakturen und Luxationsfrakturen, bei denen es konservativ nicht mehr gelingt, exakt zu reponieren. Vor allem partielle Querschnittsläsionen, bei denen es nach der Reposition zur neuerlichen Verschiebung kommt, werden von ihm als absolute Operationsindikation betrachtet. Aber auch Bürkle de la Camp (10), Durbin (18) und Meinecke (52) raten zur Operation, wenn sich konservativ keine Stabilisierung erreichen läßt.

a) Die operative Reposition

Die blutige Reposition besteht in der Resektion verhakter Gelenkfortsätze (79). Indikationen sind nach Böhler J. (3): Instabilität nach Reposition und instabile Wirbelfrakturen mit

neurologischen Ausfällen bis zum subtotalen Querschnittssyndrom. Weitere Indikationen sind nach Titze (71), Weber (77) und Witt (78) irreponible Verhakung der Gelenkfortsätze, nach Rogers (62) veraltete Luxationen, nach Gelehrter (23) die Zunahme neurologischer Symptome während der Reposition (41).

b) Stabilisierende Operationen

Eine Versteifung der Halswirbelsäule kann man durch Fixation mit Knochenspan, Knochenbolzen, Kunststoffplomben, Draht oder Platten vom vorderen oder hinteren Zugang aus erreichen (79). Diese Art der Behandlung wird vor allem im Ausland angewandt, um eine frühzeitige Stabilisierung der knöchernen Verletzung zu erreichen. Allerdings äußert Böhler L. schwere Bedenken und auch Lob (46) steht der Spanverpflanzung kritisch gegenüber. Er argumentiert, daß eine der Hauptindikationen der Spanverpflanzung das nachträgliche Zusammensinken der Wirbelsäule bzw. des Wirbelbruchs äußerst selten ist und nur vorkommt, wenn zuerst auf irgendeine Art die Wirbelsäule aufgerichtet wurde und wenn man nicht dafür gesorgt hat, daß diese Aufrichtung durch einen entsprechend festen Verband in seiner Stellung fixiert wurde. Ein weiteres Gegenargument ist nach Böhler L., daß der Wirbelverletzte nach der Einrichtung mitunter schon am ersten Tag aufstehen kann, jene aber mit Spanverpflanzung nach der Operation noch durchschnittlich 6 - 8 Wochen liegen müssen und dann noch weitere 3 - 12 Monate einen Mieder zu tragen haben. Die Behandlungsdauer wird also nicht verkürzt, sondern wesentlich verlängert. Dazu kommt noch, daß die Beweglichkeit in diesem Wirbelabschnitt aufgehoben ist. Er kommt zu dem Schluß, daß die Spanverpflanzung bei frischen Wirbelbrüchen nicht nur überflüssig, sondern schädlich ist, weil die Behandlungsdauer dadurch verlängert und die Beweglichkeit der Wirbelsäule für dauernd herabgesetzt wird. Die Vorteile der versteifenden Operation werden vor allem von amerikanischen Autoren hervorgehoben, wie schnellere Belastungsfähigkeit des Patienten, kürzerer Krankenhausaufenthalt, sichere Fixation des 1. und 2. Halswirbels (41). Die Indikation ergibt sich nach Böhler J. und Gelehrter vor allem im Anschluß an operative Repositionen, wenn keine

ausreichende Stabilität erreicht werden konnte. Das sind in erster Linie alle Luxationen und Luxationsfrakturen, bei denen Teile der Gelenkfortsätze oder der Bögen gebrochen waren, ohne daß grobe neurologische Ausfälle bestanden hatten. Zwar kommt es bei einer Verschiebung nach der konservativen Methode auch zur Bildung eines festen knöchernen Wirbelblocks, so daß sekundär die Gefahr einer weiteren Verschiebung nicht mehr besteht, durch die operative Fixation wird aber die Behandlung wesentlich vereinfacht. Nach der Operation genügt eine weitere Fixation mit der Schanz'schen Krawatte und die endgültige Heilung kann in anatomischer Stellung erfolgen (3). Junghans (35) rät, eine Spanverpflanzung dann vorzunehmen, wenn Halswirbelverrenkungen, die nicht eingerichtet wurden, durch zunehmenden Druck auf die austretenden Segmentnerven (Schulter-Arm-Schmerz-Syndrom) Spätbeschwerden verursachen und ein Dauerzug nicht zum Erfolg führt. Allerdings vermag die alleinige Versteifung unter Umständen nur eine Verschlimmerung zu vermeiden, nicht aber bestehende Nervendruckschmerzen zu beseitigen. Notwendig ist deshalb die operative Freilegung und Beseitigung der verhakten Gelenkfortsätze.

Eine stabilisierende Operation kann vom vorderen oder hinteren Zugang aus vorgenommen werden. Spezielle Methoden entwickelten Albee, wo ein Span intraspinös verpflanzt wird, Henle-Lange, die zwei Späne paraspinös anbrachten, Sorell, der zwei Späne nach Dornfortsatzresektion auf die hinteren Wirbelbögen verpflanzte (41). Eine weitere Methode entwickelte Cloward (14), bei dessen Operation die Zwischenwirbelscheibe bis auf das Lig. longitudinale posterius ausgeräumt wird. Anschließend wird eine knöcherne Höhlung ausgefräst, in die ein aus dem Beckenkamm entnommener Knochenbolzen entsprechender Größe fest eingekleimt wird. Statt des Knochenbolzens werden auch Kunststoffplomben verwendet. Der Vorteil ist darin zu sehen, daß eine weitere Ruhigstellung nicht mehr erforderlich ist (79).

c) Laminektomie

Unter Laminektomie versteht man den operativen Zugang zum Rückenmark bzw. zur Bandscheibe und zum dorsalen Wirbelkörperanteil.

Dabei werden die hinteren Anteile des Wirbelbogens und die Dornfortsätze reseziert. Der Zweck ist, eine Entlastung des Rückenmarks vom Druck des Bogens des nach vorn verschobenen Wirbels herbeizuführen. Auch diese Methode ist, besonders wenn sie in der Frühphase des Traumas durchgeführt wird, sehr umstritten. Böhler L. (5) lehnt die Laminektomie zur Behandlung von Lähmungen nach frischen Wirbelbrüchen ab. Nach seiner Meinung kann durch diese Operation weder die Lichtung des Wirbelkanals noch der Zwischenwirbellöcher wieder einwandfrei hergestellt werden. Auch Lob (46) hält die Laminektomie in den meisten Fällen für überflüssig, da sie nutzlos ist und für den Verletzten nur eine zusätzliche Belastung darstellt. Diese Meinung vertritt auch Guttman (24), der die Frühoperation auch dann ablehnt, wenn es sich um unvollständige Lähmungen handelt. Er gibt zu bedenken, daß durch die Frühoperation der bestehende Schockzustand des Verletzten nicht nur verlängert und vertieft wird, sondern auch noch die Gefahr einer zusätzlichen Schädigung des Markes besteht. Auch nach den Erfahrungen von Schmieden (65) hat die Frühoperation als Normalbehandlung der schweren Wirbelfrakturen mit Lähmung versagt. Sie ist nicht in der Lage, in schweren Fällen eine günstige Wendung herbeizuführen und vermag die Gesamt mortalität nicht zu senken. Ablehnend stehen der Frühoperation auch Titze (71), Übermuth (74), Seyfarth (68) und Witt (78) gegenüber. Hieraus wird ersichtlich, daß die Laminektomie eine strengste Indikationsstellung erfordert, auch wenn die heutigen Möglichkeiten der Schocktherapie, neuzeitliche Anästhesieverfahren und bessere Nachsorge eine günstigere Prognose in Aussicht stellen.

Indikationen zur Spätlaminektomie sind gegeben, wenn trotz Reposition und Dauerzug partielle Querschnittslähmungen weiterbestehen, oder wo verschobene Bruchstücke, verdickte Rückenmarkshäute oder Kallusbildungen sowie verletzte Zwischenwirbelscheiben auf Nervenwurzeln und Rückenmark drücken, oder wo mittels Myelographie eine Verengerung des Wirbelkanals entdeckt wurde (5). Weiterhin können die mitunter bei Querschnittsge-lähmten heftig auftretenden neuralgischen Schmerzen eine Spätlaminektomie notwendig machen, um die Foerster'sche Wurzeldurchschneidung, die Chordotomie, oder die Querdurchtrennung des

Rückenmarks durchführen zu können. Mitunter treten nach Laminektomie Spätlähmungen auf, die durch Narbenbildung und Schrumpfung ausgelöst werden. Funkquist empfiehlt deshalb, die dorsolateralen Bogenanteile zu belassen, um die überbrückende Bildung fibrösen Gewebes zwischen den Knochenspitzen zu verhindern. Nach seinen Erfahrungen blieb hier, wie er an Hunderversuchen nachweisen konnte, eine Kompression des Rückenmarks aus (19).

3. Behandlung der Querschnittslähmung

Die Querschnittslähmung als die erschütterteste Begleitverletzung bei Wirbelfrakturen und Wirbelluxationen stellt den behandelnden Arzt nicht selten vor ein schweres therapeutisches und seelisches Problem. Die Frage des Vorgehens muß in wenigen Stunden entschieden sein und bestimmt unabänderlich das weitere Schicksal des Verletzten (35). Der Gewißheit bei einer anatomischen Durchtrennung des Rückenmarks nichts mehr retten zu können, steht die verzweiflungsvolle Lage des Verletzten entgegen, der ärztliches Eingreifen und Hilfe erwartet. Junghans (35) empfiehlt deshalb, den sofort aufzustellenden Behandlungsplan auf die Wiederherstellung der Tragfähigkeit der Wirbelsäule und die Behandlung der Querschnittslähmung abzustellen. Böhler L. (5) rät, alle Repositionsversuche zu unterlassen, während nach Magnus so vorgegangen werden sollte, als ob eine Heilung der Lähmung zu erwarten wäre. In diesem Falle also Reposition unter ausreichendem Längszug, bei Bruchstückverlagerung oder verhakter Luxation kommt die sofortige Laminektomie in Frage (36). Auch Bürkle de la Camp (10) versucht, auch bei hoffnungslos erscheinenden Verletzungen, einen Ausgleich der Luxation zu erreichen und erinnert daran, daß bei bestehenbleibendem Druck auf das Halsmark auch noch gesunde Marksubstanz der Kolliquationsnekrose anheimfallen kann. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn eine partielle Plegie vorliegt oder eine Lähmung erst allmählich eintritt. Hier muß alles versucht werden, die ursprüngliche Weite des Wirbelkanals wiederherzustellen. Nach Böhler und anderen Autoren lassen sich hier die günstigsten Ergebnisse mit Hilfe der Einrichtung erzielen.

Wenn sich bei partieller Lähmung der Einrichtung Widerstände entgegenstellen oder Knochenstücke und Bandscheiben in den Wirbelkanal eindringen, ist die Frühlaminektomie hier absolut indiziert.

E. MATERIAL UND METHODIK

Unsere Untersuchungen umfassen Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittssymptomatik, die in der Zeit vom 1.1.1965 bis zum 31.12.1975 in der Chirurgischen Universitätsklinik behandelt wurden. Zunächst wurden alle Diagnosenummern erfaßt, unter denen Verletzungen der Halswirbelsäule registriert waren. Aus den Krankenunterlagen entnahmen wir das Alter des Patienten, den Unfalltag, die stationäre Aufnahme, den Operationstag bzw. den Gipstag und den Tag der Entlassung. Aus diesen Angaben konnten von uns Berechnungen über die Dauer des stationären Aufenthalts und über den Zeitraum vom Operations- bzw. Gipstag bis zur Entlassung angestellt werden. Weiterhin konnten wir aus den Krankenunterlagen die Art der Therapie, die versicherungsrechtliche Art des Unfalls, neurologische Begleitverletzungen, Nebenverletzungen und den Zustand bei Entlassung ersehen. Im Anschluß daran wurde ein Fragebogen erarbeitet, um die Behandlungsergebnisse überprüfen zu können. Dieser Bogen enthielt Fragen nach der Dauer des Gipsverbandes, nach der Gesamtkrankheitsdauer und der Arbeitsunfähigkeit. Desgleichen wurde gefragt, ob nach der Behandlung die Ausübung des alten Berufs wieder möglich war, oder ob ein neuer Beruf erlernt werden mußte oder eine Berentung bzw. eine Erwerbsminderung als Folge des Unfalls eingetreten war. Es wurde nach den jetzigen Beschwerden und die Art dieser Beschwerden, sowie ob weitere ärztliche Behandlung erforderlich ist, gefragt. Alle Antworten wurden ausgewertet und mit den zugehörigen Daten aus den Krankenunterlagen auf Randlochkarten vermerkt. Desgleichen wurden die Angaben mit Chiffriernummern versehen, die in die Randlochkarten eingearbeitet wurden.

F. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I. Die Verletzungsformen

Nachfolgende Tabelle zeigt die Jahresverteilung und die Gesamtzahl der Patienten, die sich in den Jahren 1965 - 1975 in der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen/Nürnberg wegen einer Verletzung der Halswirbelsäule in Behandlung befanden. Dabei werden ausnahmsweise zum Vergleich auch jene Verletzten aufgeführt, die einen Unfall ohne Querschnittssyndrom erlitten hatten.

Tab. 3: Jahresverteilung und Gesamtzahl von Patienten mit Verletzungen der Halswirbelsäule

Jahrgang	Fälle ohne Querschnitt	Fälle mit Querschnitt	insgesamt
1965	13	4	17
1966	5	3	8
1967	5	1	6
1968	7	4	11
1969	1	5	6
1970	2	3	5
1971	14	3	17
1972	6	4	10
1973	6	1	7
1974	6	2	8
1975	12	3	15
	77 (= 70,0%)	33 (= 30,0%)	110 (= 100%)

Der Jahresdurchschnitt der Fälle ohne Querschnittslähmung liegt bei 7, wobei die Jahre 1965 mit 13, 1971 mit 14 und 1975 mit 12 Unfällen überdurchschnittlich häufig vertreten waren. Bei den Fällen mit Querschnittslähmung konnte keine auffällige Häufung registriert werden. Auffallend ist jedoch

der hohe Prozentsatz (30%) der Verletzten mit Querschnittsfolgen an der Gesamtunfallhäufigkeit. Von diesen verunglückten 7 außerhalb des normalen Einzugsgebietes der Universitätsklinik und wurden zunächst in ein anderes Krankenhaus eingeliefert und dort vorbehandelt.

Eine Übersicht über Alter und Geschlechtsverteilung unserer Patienten mit Querschnittslähmung gibt nachfolgende Tabelle 4.

Tab. 4: Alter und Geschlechtsverteilung der Patienten mit Querschnittslähmung

	0-30 J.	31-60 J.	über 60 J.	insges.
männlich	15 45,45%	5 15,15%	2 6,06%	22 66,66%
weiblich	3 9,09%	8 24,24%	0	11 33,33%
zusammen	18 54,54%	13 39,39%	2 6,06%	33 100%

Deutlich überwiegt die männliche Altersgruppe bis zu 30 Jahren. Ihr Anteil am Unfallgeschehen beträgt 45,45%. Ab 30 Jahren nimmt die Unfallhäufigkeit in der männlichen Altersgruppe kontinuierlich ab. Männliche Erwachsene über 60 Jahre sind nur noch in 6,06% an Unfällen mit Querschnittsfolgen beteiligt. Bei den Frauen verschiebt sich der Häufigkeitsgipfel in die mittleren Jahrgänge (24,24%). Die Altersgruppe bis zu 30 Jahren erreicht eine Beteiligung von 9,09%, während ab 60 Jahre keine Unfälle mehr zu verzeichnen sind. Bei einem Vergleich der absoluten Zahlen ergibt sich, daß Männer genau doppelt so viele Unfälle mit Querschnittsfolgen erleiden wie Frauen.

Tabelle 5 befaßt sich mit der versicherungsrechtlichen Art des Unfalls. Dabei wurde eine Einteilung getroffen in berufsgenossenschaftlich haftende Autounfälle, das sind im allgemeinen Unfälle, die sich auf dem Wege von und zur Arbeit ereignen und in berufsgenossenschaftlich haftende Arbeitsunfälle, jene Unfälle, die hauptsächlich bei der Arbeit oder auf dem Betriebsgelände vorkommen. Die weitere Gliederung erfaßte die privaten

Autounfälle und die privaten anderen Unfälle, die sich beispielsweise beim Sport, im Haushalt oder bei einer anderen privaten Tätigkeit ereignen.

Tab. 5: Versicherungsrechtliche Art des Unfalls bei 33 Verletzten mit Querschnittsläsionen

	0 - 30 J.	31 - 60 J.	über 60 J.	insges.
BG-Autounfall	0	0	0	0
BG-Arbeitsunfall	2 6,06%	3 9,09%	1 3,03%	6 18,18%
privater Autounfall	11 33,33%	5 15,15%	0	16 48,48%
priv. anderer Unfall	6 18,18%	4 12,12%	1 3,03%	11 33,33%
zusammen	19 57,54%	12 36,36%	2 6,06%	33 100%

Bei einem Vergleich der Altersgruppen und der versicherungsrechtlichen Art des Unfalls zeigt sich deutlich, daß der private Bereich den Hauptteil der Unfälle mit Querschnittslähmung darstellt. Von 33 Fällen ereignen sich 27 oder 81,81% in diesem Bereich. Die Arbeitsunfälle sind mit 18,18% beteiligt, während Wegeunfälle mit Querschnittsfolgen in den untersuchten Jahren nicht vorkamen.

II. Arten der Wirbelverletzung und Lokalisation bei Frakturen der Halswirbelsäule mit Querschnittsläsion

Bei der Untersuchung über die Art der Wirbelverletzung und ihre Lokalisation kamen wir zu folgendem Ergebnis. Von 80 Frakturen entfielen 21 auf Luxationsfrakturen. Diese waren kombiniert mit 20 Körperfrakturen, 3 Bogenfrakturen, 1 Dornfortsatzfraktur, 1 Querfortsatzfraktur, 2 Gelenkfortsatzfrakturen und 1 Densfraktur. Frakturen ohne Luxation waren 12 zu verzeichnen. Davon war der Wirbelkörper in 11, der Dens epistrophei in 2 und der Atlasbogen in 1 Fall betroffen. Isolierte Frakturen wurden

bei 16 Patienten beobachtet, in 12 Fällen lag eine Doppelfraktur vor, 3 Patienten erlitten eine Dreifachfraktur und bei 2 Patienten konnten 5 Frakturen festgestellt werden. Der 2. Halswirbel war in 4 Fällen betroffen. Davon lag in 3 Fällen eine Densfraktur vor, wovon wiederum 1 mit einer Luxation verbunden war. Nachrichtlich sei vermerkt, daß bei einer Patientin, bei der ursprünglich eine Luxationsfraktur diagnostiziert wurde, sich nachträglich herausstellte, daß sie nur eine Luxation erlitten hatte.

Die Zahl der Frakturen ist wesentlich größer als die Anzahl der Patienten, da besonders viele Mehrfachfrakturen vorlagen, die alle als Teilfrakturen einzeln gezählt wurden.

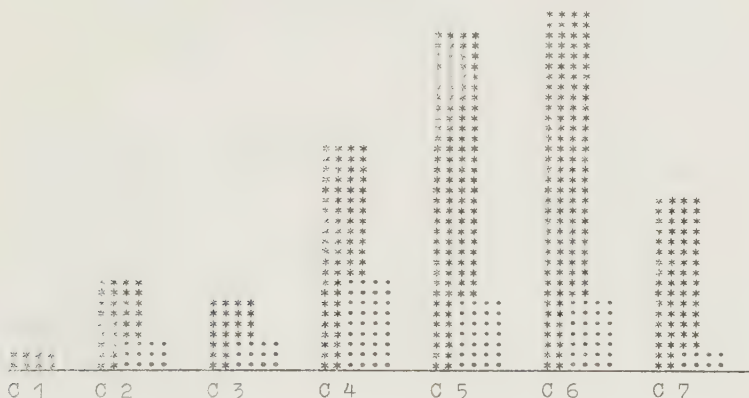
Tab. 6: Arten der Wirbelerletzung und Lokalisation bei Patienten mit Querschnittsläsion

		F R A K T U R					
	Luxationsfr.	Wirbelkörper	Bogen	Dornforts.	Querforts.	Gelenkforts.	Frakturen insgesamt
C 1	-	-	1	-	-	-	1 (= 1,25%)
C 2	2	4	-	-	-	-	6 (= 7,50%)
C 3	2	3	-	-	-	-	5 (= 6,25%)
C 4	6	8	-	-	-	-	14 (= 17,50%)
C 5	5	14	1	1	-	-	21 (= 26,25%)
C 6	5	13	2	1	-	1	22 (= 27,50%)
C 7	1	7	1	-	1	1	11 (= 13,75%)
zus.	21	49	5	2	1	2	80 (= 100%)

Insgesamt zeigt die Tabelle eine auffallende Häufung an den

Halswirbeln C 6 und C 5. Relativ hoch sind auch noch der 4. und 7. Halswirbel betroffen. Nachfolgende Abbildung soll noch einmal das Festgestellte verdeutlichen.

Abb. 1: Lokalisation bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittsläsion



3
2
1
= Anteil der Luxationsfrakturen

III. Nebenverletzungen bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittsläsion

In diesem Abschnitt wurden entsprechend den Krankenunterlagen die Nebenverletzungen zusammengetragen. Es wurde schon betont, daß oft die Nebenverletzung größere Aufmerksamkeit verlangt als die Wirbelfraktur. Dies trifft in besonderem Maße für Verletzungen der Halswirbelsäule zu, wo naturgemäß Verletzungen des Kopfes und Schädelfrakturen oft im Vordergrund stehen.

Tab. 7: Nebenverletzungen bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittsläsion

Gesamtzahl der Verletzten	33
Von diesen 33 Verletzten hatten Nebenverletzungen.....	17 (= 51,51%)
Die 17 Verletzten hatten insgesamt.....	29 Nebenverl. (= 100%)
Die 29 Nebenverletzungen verteilen sich auf den Organismus folgendermaßen:	
Commotio cerebri.....	2 (= 6,89%)
Contusio cerebri.....	1 (= 3,44%)
Kopfverletzungen.....	7 (= 24,13%)
Schädelfrakturen.....	5 (= 17,24%)
Rippenfrakturen.....	3 (= 10,34%)
Fraktur von Schlüsselbein und Schulterblatt.....	2 (= 6,89%)
Fraktur von Becken u. Kreuzbein.....	1 (= 3,44%)
Fraktur der Extremitäten.....	3 (= 10,34%)
Rest: Weichteilverl., Schürfwunden....	5 (= 17,24%)

Wie erwartet, bildeten die Kopfverletzungen mit 24,13% den Hauptteil der Nebenverletzungen, gefolgt von den Schädelfrakturen und den Weichteilverletzungen mit je 17,24%. Kopfverletzungen und Frakturen des Schädels zusammen erreichen einen Prozentsatz von 41,37%. Bei 16 Verletzten mit Querschnittsläsion konnte keine Nebenverletzung festgestellt werden.

IV. Therapie

1. Behandlungsmethoden bei Verletzungen mit Querschnittsläsion

Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Behandlungsmethoden bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittsläsionen. Dabei wurde eine Trennung der Fälle in komplette und inkom-

nisse vorgreifen zu wollen. Die beiden Patienten, die mit Ruhigstellung im Krawattenverband behandelt wurden, waren noch sehr jung, wovon einer neben einer Körperfraktur des 7. Halswirbels mit Absprengung eines Fragmentes Verbrennungen 2. und 3. Grades erlitten hatte. Dieser Patient, der nach 120 Behandlungstagen in unserer Klinik in ein Versorgungs-krankenhaus verlegt wurde, konnte uns von einer gewissen Rückbildung seiner Querschnittslähmung berichten. Der andere zog sich eine Luxationsfraktur mit Körperfraktur des 5. Halswirbels zu. Er verbrachte 505 Tage in unserer Klinik und wurde dann in ein Versehrtenkrankenhaus entlassen. Bei ihm blieb die Querschnittslähmung bestehen.

5 Verletzte mit kompletter Querschnittslähmung wurden mittels Reposition und anschließender Gipsruhigstellung therapiert. In 3 Fällen lagen hier Luxationsfrakturen mit mehrfachen Körperbrüchen vor. Die beiden anderen Patienten erlitten eine Körperfraktur von C 5 bzw. C 7. Von den 5 Patienten überlebten 2 ihre schweren Verletzungen nicht, davon verstarb einer nach 20 Tagen an Herzstillstand in unserer Klinik, der andere unmittelbar nach Überweisung an ein Zentrum für Querschnitts-gelähmte. Rückbildungstendenzen waren bei keinem zu beobachten, die alle nach einem mehr oder minder langen Aufenthalt in andere Häuser verlegt wurden.

Von 27 Verletzten mit kompletter Querschnittslähmung wurden 14 in Dauerextension behandelt. Von diesen 14 Patienten wurde bei 5 die Weiterbehandlung von einer anderen Klinik übernommen. Sehr hoch war in dieser Gruppe die Sterberate. Von den 14 Verletzten verstarben 7 noch während ihres Aufenthaltes in unserer Klinik. Insgesamt lag in 8 Fällen eine Luxationsfraktur kombiniert mit oft mehrfacher Körperfraktur vor. Auch bei den anderen 7 Patienten wurden oft mehrfache Körperfrakturen festgestellt.

Obwohl die Operation bei einer kompletten Querschnittslähmung sehr umstritten ist, wurden in unserer Klinik von 27 Fällen 6 operativ angegangen. Davon verstarben 2 innerhalb der nächsten 7 Tage an Ateminsuffizienz und Herzstillstand. Ein wei-

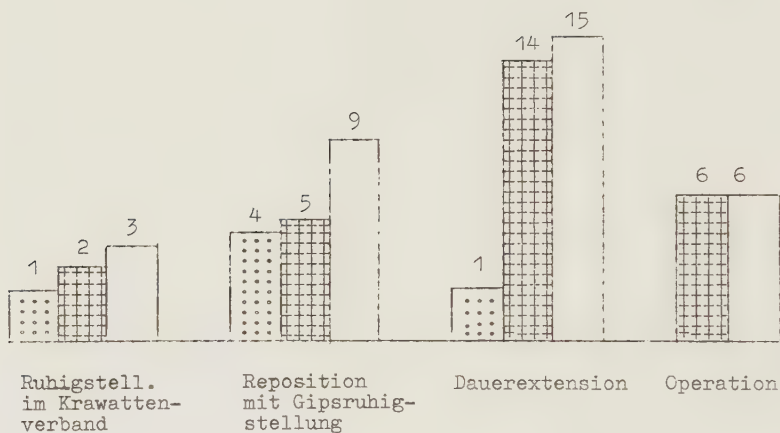
terer verstarb, trotz Besserung seines neurologischen Status, nach 213 Behandlungstagen in einem Versorgungskrankenhaus. Bei 2 Patienten stellte sich nach der Operation eine Besserung der Motorik ein, so daß sie mit der Empfehlung krankengymnastischer Weiterbehandlung unsere Klinik verlassen konnten. Auf Grund der deutlichen Besserung darf hier angenommen werden, daß das Querschnittssyndrom sekundär durch ein Hämatom oder ein Ödem ausgelöst wurde. Bei 1 Patienten blieb die komplette Querschnittslähmung weiterhin bestehen, wobei hier Sehnenreflexe an den Armen auslösbar waren und sich eine gute Blasenautomatik einstellte.

Von den wenigen Fällen mit inkompletter Querschnittslähmung wurde 1 Patient mit Ruhigstellung in Dauerextension, 4 mit Reposition und Gipsruhigstellung und wiederum 1 Patient in Dauerextension behandelt. Der nur mit Ruhigstellung in Frauwattenverband behandelte Patient verstarb 6 Jahre nach dem Unfall. Seine Verletzungen bestanden in einer Luxationsfraktur mit Körperfraktur des 5. Halswirbels. Neurologisch war eine spastische Parese beider Hände sowie eine komplette Lähmung des rechten Beines festzustellen. Schon in unserer Klinik bildeten sich die Lähmungen teilweise wieder zurück, so daß er nach seiner Entlassung wieder leichte körperliche Arbeiten verrichten konnte.

4 Verletzte mit inkomplettem Querschnittssyndrom wurden mittels Reposition mit Gipsruhigstellung behandelt. In 2 Fällen lag eine Densfraktur, in 1 Fall eine Atlasbogenfraktur und in 1 weiteren Fall eine Luxationsfraktur mit Körperfraktur von C 6 und 7, Bogenwurzelfraktur von C 6 und 7 sowie eine Gelenkfortsatzfraktur von C 6 vor. Eine Rückbildung der neurologischen Ausfälle war bei Entlassung aus unserer Klinik bei keinem zu erkennen.

Von dem in Dauerextension behandelten Patienten kann berichtet werden, daß er sich eine Körperfraktur des 6. Halswirbels zuzog und nach Entlassung aus der Klinik umgeschult werden mußte.

Auch hier sollen die Daten der Tab. 3 nochmals in einer Abbildung dargestellt werden.



Behandlungsmethoden bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit inkompletter Querschnittslähmung



Behandlungsmethoden bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit kompletter Querschnittslähmung



Behandlungsmethoden insgesamt

Abb. 2

Behandlungsmethoden bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittslähmung

2. Behandlungsmethode und Alter bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittssyndrom

Im folgenden Abschnitt wird die Behandlungsmethode in Beziehung zum Alter des Verletzten mit Querschnittsläsion gesetzt. Es soll aufgezeigt werden, welche Behandlungsmethode bei den einzelnen Altersgruppen angewandt wurde.

Tab. 2: Behandlungsmethode und Alter bei Patienten mit Querschnittsläsion

Alter	1-20a	21-30a	31-40a	41-50a	51-60a	über 60a	insg.
Ruhigstell. Krawattenverb.	2 6,06%	0	1 3,03%	-	1	1	3 9,09%
Reposition mit Gipsruhigstell.	2 6,06%	5 15,15%	0	1	1 3,03%	1 3,03%	9 27,27%
Dauer- extension	5 15,15%	2 6,06%	2 6,06%	3 9,09%	2 6,06%	1 3,03%	15 45,45%
Operation	2 6,06%	0	0	1 3,03%	2 6,06%	1	6 18,18%
zusammen	11 33,33%	7 21,21%	3 9,09%	4 12,12%	6 18,18%	4 12,12%	35 100%

Tabelle 2 bestätigt, daß die Unfallhäufigkeit in den jüngeren Jahrgängen am größten ist. In der Altersgruppe bis zu 30 Jahren wurde die Dauerextension und die Reposition mit der anschließenden Gipsruhigstellung gleich oft angewandt. Überhaupt stellte sich die Dauerextension und die Reposition, von der Operation einmal abgesehen, die in allen Altersgruppen besondere Indikationen verlangt, als Methode der Wahl dar. Sehr wenig wurde in allen Altersgruppen nur mit dem Krawattenverband ruhiggestellt, wobei wohl wegen des klinischen Befundes eine andere Therapiemöglichkeit nicht zumutbar war.

Von den 6 Operationen wurden 2 in der Altersgruppe bis zu 20 Jahren, 1 in der Gruppe der 41-50-jährigen und 3 in der Altersgruppe bis zu 60 Jahren durchgeführt.

V. Therapieergebnisse

Es ist müßig, über die Dauer des stationären Aufenthalts, der Arbeitsunfähigkeit, der Dauer der ambulanten Behandlung und der Dauer des Gipsverbandes Überlegungen anstellen zu wollen. Auch die Beziehung dieser Daten zur versicherungsrechtlichen Art des Unfalls ist bei diesen Patienten unangebracht. Das Trauma der Querschnittslähmung ist für den Betroffenen ein derartig großer Schock, daß wohl niemand Trost darin findet, unter welchen versorgungsrechtlichen Gesichtspunkten nun sein weiteres Schicksal gesehen werden muß. Trotzdem sollen hier einige Zahlen numerisch angegeben werden:

In den Jahren von 1965 - 1975 befanden sich 33 Verletzte mit Querschnittslähmung in unserer Klinik. Sehr viele nur zur Erstbehandlung oder bis klinisch ein Zustand erreicht wurde, der es erlaubte, diese ohne Gefahr für das Leben einer weiteren Behandlung in einem speziellen Krankenhaus zuzuführen. Von diesen 33 Patienten erlitten die meisten einen privaten Autounfall (48,48%). Ebenfalls noch sehr hoch ist der Anteil der privaten anderen Unfälle. Sie liegen mit 33,33% deutlich an zweiter Stelle. Nur 18,18% aller Unfälle sind Arbeitsunfälle. Der durchschnittliche stationäre Aufenthalt in unserer Klinik betrug 63,09 Tage, die durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit oder die Zeit bis zum Eintreten der Berentung lag bei 269,45 Tagen und der Gipsverband mußte durchschnittlich 90,55 Tage belassen werden.

1. Dauerschaden bei Patienten mit Querschnittslähmung

Im Zuge unserer Untersuchungen über Dauerschäden haben wir die Patienten befragt, deren Wirbelverletzung mit einer kompletten oder inkompletten Querschnittslähmung einherging. Unsere Fragestellung lautete: "Haben Sie wegen der Wirbelsäulenverletzung noch Beschwerden? Wenn ja, welche Art von Beschwerden?" Es war sehr schwierig, die vielfältigen Beschwerden, die uns unsere Patienten mitteilten, in Beschwerdegruppen zusammenzufassen. Berichteten uns die Patienten mehrere Arten von Beschwerden, so wurden diese auch mehrmals gezählt. Nachfolgende Tabelle 10 kann aber nicht den Anspruch der Vollständigkeit erheben. Es ist sehr wahrscheinlich, daß uns un-

sere Patienten nicht alle ihre Beschwerden mitteilten, sondern nur die, unter denen sie seelisch wie körperlich am meisten zu leiden haben oder nur jene, die von ihnen als besonders störend empfunden werden. Danach leiden die meisten von ihnen (38,0%) unter irgendwelchen Schmerzen im gelähmten Körperteil, was in der Literatur als Phantom-schmerz bezeichnet wird und dessen Schmerzleitung noch nicht eindeutig geklärt ist. 23,80% klagen über Beschwerden in der Wirbelsäule und je 9,52% über Kopfschmerzen, Sensibilitätsstörungen, Beschwerden von seiten der Blase und des Mastdarms sowie über Kreislaufbeschwerden. Nur 2 Patienten konnten uns berichten, daß sie zur Zeit keine Schmerzen verspüren, wobei es sich einmal um ein komplettes und zum anderen Mal um ein inkomplettes Querschnittssyndrom handelte.

Tab. 10: Dauerschäden bei Patienten mit Querschnittslähmung

Gesamtzahl der Patienten	33
Davon teilten uns ihre Beschwerden mit.....	17
Diese 17 Patienten hatten insgesamt.....	21 Dauersch. = 100%
Die 21 Dauerschäden verteilen sich folgendermaßen:	
Nacken-Rückenschmerzen-HWS-Syndrom....	9 (= 23,80%)
Kopfschmerzen.....	2 (= 9,52%)
Schmerzen im gelähmten Körperteil.....	8 (= 38,0%)
Sensibilitätsstörungen.....	2 (= 9,52%)
Beschwerden von seiten der Blase und des Mastdarms.....	1 (= 4,76%)
Kreislaufbeschwerden.....	2 (= 9,52%)

2. Rückbildung bei Querschnittsläsionen

Es wurde schon erwähnt, daß bei einer vollständigen Durch-

trennung des Rückenmarks keine Aussicht auf Heilung mehr besteht. Selbst Böhler L. (5) rät, in diesem Falle alle Repositionsversuche zu unterlassen. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Durchtrennung des Rückenmarks unvollständig oder durch Stasen, Blutungen oder Ödeme bedingt ist. Hier liegt eine Rückbildung durchaus im Bereich des Möglichen, wenn die verursachende Noxe ausgeschaltet wird. Tabelle 11 zeigt, wie sich die Rückbildung bei unseren Patienten mit komplettem und inkomplettem Querschnittssyndrom darstellte.

Tab. 11: Rückbildung bei Patienten mit komplettem oder inkomplettem Querschnittssyndrom

	vollständ. Rückbildg.	unvollständ. Rückbildg.	keine Rückbildg.	insges.
komplettes Querschnitts- Syndrom	1 3,70%	3 11,11%	23 85,18%	27 100%
inkomplettes Querschnitts- Syndrom	0	2 33,33%	4 66,66%	6 100%
zusammen	1	5	27	33

Von 27 Patienten, bei denen nach den Krankenunterlagen ein komplettes Querschnittssyndrom diagnostiziert wurde, kam es nur in 1 Fall zu einer vollständigen Rückbildung der Querschnittssymptomatik. Bei diesem Patienten, der zur Unfallzeit 17 Jahre alt war, lag eine Tetraplegie vor. Seine Verletzungen bestanden in einer Luxationsfraktur mit Körperfraktur des 4. Halswirbels. Er wurde 20 Tage lang extensiert und anschließend mit einem Gipskorsett versehen, das er 210 Tage tragen mußte. 53 Tage nach stationärer Aufnahme konnte er wieder entlassen werden. Heute hat er unter keinerlei Beschwerden mehr zu leiden und ist voll arbeitsfähig.

Zu einer unvollständigen Rückbildung der Querschnittssymptomatik kam es bei 3 Patienten. Dabei ist bemerkenswert, daß in

2 Fällen die Operation als Behandlungsmethode angewandt wurde, wovon man sich in einem Fall sofort zur Operation entschloß, im anderen nach einem Zeitraum von etwa 3 Wochen. Beide verbrachten nach der Operation noch 43 bzw. 61 Tage in unserer Klinik. Schon aus den Entlassungsunterlagen war zu ersehen, daß sich bei beiden eine deutliche Besserung des neurologischen Status eingestellt hatte. Heute leidet die eine Patientin noch unter ständigen Schmerzen und einem HWS-Syndrom. Die ständigen Schmerzen sind vorwiegend im paretischen Körperteil lokalisiert.

Beim 3. Patienten lagen eine Körperfraktur mit Abspaltung eines Fragmentes sowie Verbrennungen 2. und 3. Grades vor. Er wurde mit einem Krawattenverband ruhiggestellt und nach einem stationären Aufenthalt von 14 Tagen in ein Versorgungskrankenhaus verlegt. Seine jetzigen Beschwerden bezeichnet er mit erheblicher Geh- und Stehbehinderung, kann aber seinen Beruf als Elektromechaniker ausüben.

Von den 6 Patienten mit inkompletter Querschnittslähmung konnten uns 2 von einer Besserung berichten. In einem Falle kam es nach einem Autounfall zu einer Densfraktur, im anderen zu einer Körperfraktur des 6. Halswirbels. Die Behandlungsmethode war im Falle der Densfraktur die sofortige Reposition, im Falle der Körperfraktur die Dauerextension. Der Verletzte mit Körperfraktur leidet heute noch unter Sensibilitäts- und Durchblutungsstörungen sowie unter Einschränkung der Beweglichkeit.

Eine Abbildung soll noch einmal die geringen Aussichten auf Rückbildung darstellen.



= vollständige
Rückbildung



= unvollständige
Rückbildung



= keine
Rückbildung

Abb. 3: Rückbildung der Querschnittssymptomatik bei Verletzungen der Halswirbelsäule

VI. Todesfälle bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittssyndrom

1. Todesursachen

Erwartungsgemäß fanden wir bei unseren Untersuchungen über Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittsläsion eine erschreckend große Zahl von Todesfällen vor. Von den 13 Todesfällen verstarben 9 noch während ihres Aufenthaltes in unserer Klinik, 4 Verletzte verstarben nach Verlegung in andere Krankenhäuser. In 3 Fällen handelte es sich um einen Arbeitsunfall, in 4 um einen privaten Autounfall und in 6 Fällen um einen Unfall aus dem Privatbereich ohne Beteiligung eines Kraftfahrzeugs. Somit sind die privaten Unfälle mit 76,92% an den Todesfällen bei Verletzungen mit Querschnittslähmung beteiligt. Im folgenden Abschnitt soll zunächst auf die Todesursachen eingegangen werden. Ein weiterer Abschnitt wird sich mit dem zeitlichen Abstand des Todes vom Unfalltag befassen und im letzten Abschnitt soll über die Ersttherapie bei Verletzungen mit Todesfolge gesprochen werden.

Tab. 12: Todesursachen bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittsläsion

Anzahl der Patienten mit Querschnittssyndrom.....	13
Davon verstarben.....	13 (= 100%)
Todesursachen:	
Herz-Kreislaufstillstand.....	3 (= 23,07%)
Ateminsuffizienz.....	2 (= 15,38%)
Toxisches Kreislaufversagen.....	1 (= 7,69%)
Lungenembolie.....	1 (= 7,69%)
Pneumonie.....	2 (= 15,38%)
Urosepsis.....	1 (= 7,69%)
Todesursache unbekannt.....	3 (= 23,08%)

Die häufigste Todesursache war Herz-Kreislaufstillstand gefolgt von der Pneumonie und der Ateminsuffizienz. Bei 3 Patienten war die Todesursache nicht zu ermitteln. Sie verstarben außerhalb unserer Klinik. Davon verstarben 2 Verletzte nach 6 bzw. 10 Jahren, der dritte nur 1 Tag nach dem Unfall.

2. Todesfälle und zeitlicher Abstand vom Unfalltag bei Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittsläsion

In welchem zeitlichen Abstand vom Unfalltag unsere Patienten verstarben, soll in der nachfolgenden Tabelle gezeigt werden. Dabei wurde eine Einteilung: verstorben in der 1. Woche, der 2. Woche, der 3. Woche und nach 4 Wochen und länger getroffen.

Tab. 13: Todesfälle und zeitlicher Abstand vom Unfalltag

	1. Wo.	2. Wo.	3. Wo.	4. Wo. u. länger	insges.
Todesfälle	6 46,15%	2 15,38%	1 7,69%	4 30,76%	13 100%

Der Gipfel der Sterberate lag bei unseren Patienten in der 1. Woche. Diese weist nahezu die Hälfte aller Todesfälle auf. Bis zur 3. Woche nimmt die Sterberate kontinuierlich ab, um in der 4. Woche und der Zeit danach einen erneuten Gipfel zu erreichen. In diesem Zeitraum sind dann vor allem Todesfälle erfaßt, die erst nach Jahren verstarben. Nachfolgende Abbildung zeigt nochmals die Zweigipflichkeit der Absterberate.

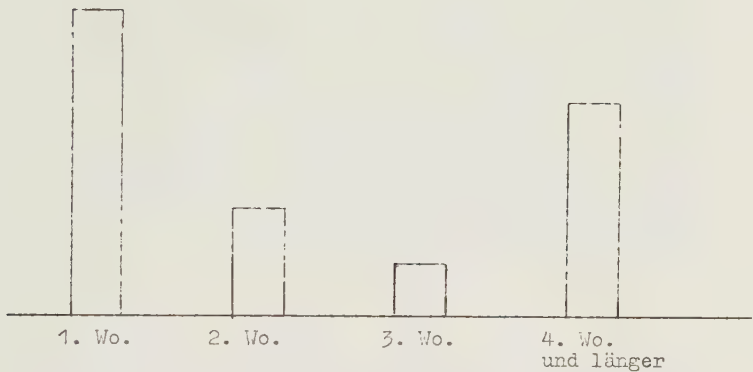


Abb. 4: Todesfälle und zeitlicher Abstand vom Unfalltag

3. Todesfälle und Behandlungsmethode

Der letzte Abschnitt befaßt sich mit den Todesfällen und deren Behandlungsmethode. Es soll aber nur statistisch aufgezählt werden, welche Behandlungsmethode die meisten Todesfälle zu verzeichnen hat, ohne ein Werturteil abzugeben, denn es ist durchaus denkbar, daß es ebenso viele Todesfälle gegeben hätte, auch wenn anders behandelt worden wäre.

Tab. 14: Todesfälle und Behandlungsmethode

	Reposition mit Gipsruh- stellung	Reposition mit Gipsverband	Dauerext.	Operation	insges.
Todesfälle	1 7,6%	2 15,38%	7 53,84%	3 23,07%	13 100%

Tabelle 14 zeigt, daß die meisten Todesfälle (53,84%) die Dauerextension zu verzeichnen hat. Es folgen die Operation (23,07%) und die Reposition mit Gipsruhigstellung (15,38 %).

An letzter Stelle kommt die Ruhigstellung im Krawattenverband (7,69 %) zu liegen. Tabelle 14 ist aber nicht sehr realistisch, denn wenn man die Prozentwerte nach der Gesamtzahl der nach einer Methode behandelten Patienten berechnen würde (Tab. 8), so würde die Operation mit 50 % den Gipfel der Sterberate einnehmen, denn von den 6 operierten Patienten verstarben genau die Hälfte. Folgen würden dann die Dauerextension mit 46,66 % und die Ruhigstellung im Krawattenverband mit 33,33 %, während die Reposition mit Gipsruhigstellung mit 22,22 % die geringste Sterberate zu verzeichnen hätte.

G. Diskussion

Nach Auswertung unseres Krankengutes wurde zunächst eine Trennung in Verletzte ohne Querschnittssymptomatik und in Verletzte mit Querschnittssymptomatik vorgenommen. Dabei ergab sich, daß von den Verletzten, die in den Jahren 1965 - 1975 wegen einer Verletzung der Halswirbelsäule in unsere Klinik kamen, 30 % ein Querschnittssyndrom aufwiesen. Genau den gleichen Prozentsatz errechnete auch Weiberg (79), der seine Untersuchungen an der Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf durchführte. Die Arbeiten von Leibnitz (Frankfurt) und Lange (Leipzig) zeigten eine Querschnittsbeteiligung von 42,9 % bzw. 48,5 %.

Die jugendlichen Autofahrer erreichten die höchste Beteiligungsquote (33,33 %). Im privaten Bereich ereigneten sich 81,81 % aller Unfälle mit Querschnittsfolgen, während nur in 18,18 % eine Berufsgenossenschaft die Unfallfolgen zu tragen hatte. Somit scheinen die von den Berufsgenossenschaften angeordneten Arbeitsschutzvorschriften in ihrer Wirksamkeit bestätigt zu sein.

Sehr hoch war der Anteil der Luxationsfrakturen (63,66 %) und auch der Anteil an Mehrfachfrakturen (51,51 %). Die Halswirbel, die auch literaturmäßig am häufigsten frakturieren, C 5 und C 6, waren in 53,75 % Ursache eines Querschnittssyndroms.

Behandelt wurde die komplette Querschnittsläsion am häufigsten mittels der Dauerextension (51,85 %); bei der incompletten Querschnittslähmung bevorzugte man die unverzügliche, manuelle Reposition mit Gipsruhigstellung (66,66 %). In 18,18 % der Fälle entschloß man sich zur Operation, wohingegen die funktionelle Ruhigstellung im Krawattenverband praktisch keine Bedeutung erlangte. Es scheint so zu sein, wie Jung-hans (35) schreibt, daß die Querschnittslähmung ein derart erschütterndes Trauma für alle Beteiligten ist, daß man

nicht untätig den weiteren Verlauf abwarten will, sondern versucht, zu retten was noch zu retten ist.

Die stationäre Zeit in unserer Klinik lag bei durchschnittlich 63,09 Tagen. Bis zur Stabilisierung der Halswirbelsäule trugen Querschnittsgelähmte einen Gipsverband an 90,55 Tagen. Der Zeitraum zwischen Unfall und Einleitung der Berentung lag bei annähernd 9 Monaten, was nach Auskunft der Deutschen Angestelltenkrankenkasse (DAK Kronach) einem guten Mittelwert entspricht. Fast alle Patienten mit Querschnittslähmung wurden zur weiteren Behandlung an ein Rehabilitationszentrum überwiesen.

Zu einer vollständigen Rückbildung bei kompletter Querschnittslähmung kam es nur in einem einzigen Fall (3,70%). Von einer Besserung bei vollständiger Querschnittssymptomatik berichteten uns 3 Patienten (11,11%). Ein besseres Ergebnis zeigte sich bei Verletzten, bei denen ein inkomplettes Querschnittssyndrom festgestellt wurde. Hier bildeten sich die Querschnittssymptome zum Teil in 33,33% zurück. Leibnitz (Frankfurt) berichtete in seiner Arbeit bei kompletter Querschnittslähmung von einer teilweisen Rückbildung in 33,7% und bei inkompletter Lähmung sogar in 91,6%, während Weiberg (Hamburg) bei kompletter Lähmung in keinem Fall eine Rückbildung feststellen konnte.

Die Mortalität unserer Patienten mit Querschnittslähmung lag bei 39,39%, davon verstarben 46,15% schon in der ersten Woche. 30,76% verstarben nach einem Zeitraum von 4 Wochen und länger.

Schlußfolgerungen:

1. Ein standardisiertes und programmiertes Vorgehen bei Verletzungen der Halswirbelsäule scheint wenig sinnvoll, vielmehr sind der klinische Befund, die Schwere der Nebenverletzungen, das Ausmaß der neurologischen Komplikationen und Alter und Allgemeinzustand des Patienten in

die therapeutischen Überlegungen einzubeziehen.

2. Bei Querschnittssyndromen sollte - solange die endgültige Halsmarkschädigung nicht eindeutig erwiesen ist - auf den Versuch des aktiven Vorgehens nicht verzichtet werden.
3. Die Operation ist - nach strenger Indikationsstellung - ein durchaus geeignetes Instrument zur Behandlung von Verletzungen der Halswirbelsäule. Dies trifft sowohl für die Frühphase des Traumas als auch bei instabiler Ausheilung zu.

H. Zusammenfassung

Nach einem kurzen Abriß über Embryologie und Anatomie der Wirbelsäule wurden die wesentlichen Verletzungsarten und Verletzungsmechanismen der Traumatologie der Halswirbelsäule beschrieben. Eingehend wurden anschließend die neurologischen Komplikationen dargestellt, wo insbesondere auf die Symptomatologie der Querschnittssyndrome näher eingegangen wurde. Der letzte Teil der literaturmäßigen Behandlung des Themas fand mit der Beschreibung der konservativen und operativen Therapie seinen Abschluß. Nach einer kurzen Erläuterung über Material und Methodik wurde anhand von 33 Patienten mit Verletzungen der Halswirbelsäule mit Querschnittsfolgen aus der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen/Nürnberg in den Jahren von 1965 - 1975 über Arten und Lokalisation der Wirbelverletzungen, Nebenverletzungen und neurologische Komplikationen sowie über Therapie und Therapieergebnisse berichtet.

Literaturverzeichnis

1. AMYES, E. W. u. F. M. ANDERSON: zitiert bei HOLDENER ()
2. RENNINGHOFF, A., K. GOERTTLER: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. I, 8. Aufl., Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1961
3. BÖHLER, J.: Ist die operative Fixation der Halswirbelsäulenverletzungen notwendig? Langenbecks Arch. klin. Chir. 292 (1959)
4. BÖHLER, J.: Verletzungen der Wirbelsäule. Münch. med. Wschr. 3 (1967)
5. BÖHLER, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung Bd. I, 12. u. 13. Aufl., Maudrich, Wien 1953
6. BÖHLER, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Ergänzungsband, Maudrich, Wien 1953
7. BÖHLER, L.: Unfallchirurgie I in Therapie und Praxis, Bd. 9. 3. Aufl., Urban & Schwarzenberg, Wien-Innsbruck 1958
8. BOURMER, H. R.: zitiert bei Lob (8)
9. BRUNNER, W.: Über die Fraktur des Dens epistrophei. Helv. med. acta Heft 5, 904 (1938)
10. BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Zur Behandlung der Halswirbelleuxationen. Langenbecks Arch. klin. Chir. 292 (1959)
11. BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Die Unfallchirurgie der Wirbelsäule. Hefte zur Unfallheilkunde 66 (1961)
12. BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde. II. Enke Verlag Stuttgart 1966
13. CASPERS, H.: Zentralnervensystem. in Keidel, Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. Thieme Verl. Stuttg.
14. CLOWARD, R. B.: Treatment of Acute Fractures and Fracture-Dislocations of the Cervical Spine by Vertebral-Body-Fusion. J. Neurosurg. 18 (1961)

15. CLOWARD, R. B.: Verletzungen der Halswirbelsäule und ihre Behandlung durch die Versteifung der Wirbelsäule. Beilagehefte zur Orthopädie 97 (1964)
16. DÖRFEL, E.: Halswirbelverletzungen bei Kopfsprung ins Wasser. Dtsch. Gesund.Wes. 9 (1954), 29 - 32
17. DRIESEN, W.: Die Behandlung der mit einer Querschnittslähmung einhergehenden Wirbelfrakturen. Dtsch. Med. Wschr. 81 (1956)
18. DURBIN, F. C.: Fracture-Dislocations of the Cervical Spine. J. Bone Joint Surg. 39 B (1957)
19. FUNKQUIST, B.: zitiert bei Lange (41)
20. GOLD, E.: Chirurgie der Wirbelsäule. Enke Verlag Stuttgart 1933
21. GOLD, KARITZKY, BRUNNER, HARRFELDT,: zitiert bei Lange (41)
22. GELEHRTER, G.: Risse des vorderen Längsbandes im Bereich der Halswirbelsäule. Arch. orthop. Unfall-Chir. 52 (1960)
23. GELEHRTER, G.: Über die Verhältnisse am Wirbelkanal bei Verrenkungen des Atlas nach vorn. Arch. orthop. Unfall-Chir. 52 (1960)
23. GELEHRTER, G.: Dislokalisierung und Rückenmarkschädigung bei Verrenkungen der Halswirbelsäule. Mschr. Unfallheilk. 59 (1956)
24. GUTTMANN, L.: Fehler und Gefahren bei der Frühbehandlung der traumatischen Querschnittslähmung. Langenbecks Arch. klin. Chir. 298 (1961)
25. GRÜNDEL, L.: Nervenheilkundliches Stoffgebiet. Rathgeberverlag München
26. HARRFELDT, H. P.: Seltene Ursache eines Bruches des Dens epistrophei durch seitliche Gewalteinwirkung. Mschr. Unfallheilk. 60 (1957)
27. Haumann, Hansen, Jörg: zitiert bei Leibnitz G. (44)

28. HELLNER, H.: Lehrbuch der Chirurgie. Thieme-Verlag
Stuttgart 1962
29. HERION, W.: Klinische Erfahrungen mit der Extensions-
behandlung bei Verletzungen und destruie-
renden Knochenprozessen der Halswirbelsäule.
Langenbecks Arch. für klinische Chir. (1959)
30. HERRMANN, H. D.: Verletzungen von Rückenmark und spinalen
Nervenwurzeln in Bürkle de la Camp Handbuch
der gesamten Unfallheilkunde. II Enke-Verlag
Stuttgart 1966
31. HIPPOKRATES: zitiert bei Böhler L. (5)
32. HOLDENER, F.: Frakturen und Luxationen der Halswirbel-
säule. Untersuchungen an 323 Fällen mit 313
Frakturen und 152 Luxationen aus dem Ver-
letzungsgut der SUVA. Med. Diss., Zürich
1964
33. JAHNA, H.: Behandlung und Behandlungsergebnisse von 16
Brüchen des Dens epistropheus mit Luxation
des Atlas. Langenbecks Arch. für klinische
Chirurgie 1959
34. JAHNKE, H.: Luxationen und Frakturen der Halswirbel-
säule. Med. Diss. Hamburg 1966
35. JUNGHANS, H.: Wirbelsäule in Bürkle de la Camp, Handbuch
der gesamten Unfallheilkunde, Enke Verlag
Stuttgart 1966
36. JUNGHANS, H.: Wirbelsäule aus: Klinische Chirurgie für
die Praxis. Thieme-Verlag Stuttgart 1963
37. JUNGHANS, H.: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis.
Hippokrates-Verlag Stuttgart
38. KARITZKY, B.: Grundsätze der Wirbelbruchbehandlung. Arch.
für klinische Chir. 190 (1937)
39. KOLLMANNSSBERGER, A.: Neurogene Blasenfunktionsstörungen
in Bodechtel Thieme-Verlag Stuttgart

40. LAESECKE, M.: Über Halswirbelbrüche. Dtsch. Z. Chir. 236 (1932)
41. LANGE, E.: Luxationen und Frakturen der Halswirbelsäule. Med. Diss. Leipzig 1966
42. LANGMANN, J.: Medizinische Embryologie. Thieme-Verlag Stuttgart 1974
43. LEIBNITZ, A.: Frakturen und Luxationen an der Halswirbelsäule unter Berücksichtigung ihrer Verletzungsmechanismen, der Diagnose und Therapie. Med. Diss. Frankfurt/Main 1967
44. LEIBNITZ, G.: Lähmungen und neurologische Symptome bei Brüchen und Verrenkungen der Halswirbelsäule unter Berücksichtigung ihrer Diagnose und Therapie. Med. Diss. Frankfurt/Main 1967
45. LIECHTI: zitiert bei Lob (46)
46. LOB, A.: Die Wirbelsäulenverletzungen und ihre Ausheilung. Thieme-Verlag Stuttgart 1954
47. LOEW, F.: Verletzungen von Rückenmark und spinalen Nervenwurzeln in Bürkle de la Camp, Handbuch der gesamten Unfallheilkunde. Enke-Verlag Stuttgart 1966
48. MACKH, E.: Teilweise und vollständige Verrenkungen u. Brüche der Halswirbelsäule und ihre Spätergebnisse. Dtsch. Z. Chir. 241 (1933)
49. MACKH, E. zitiert bei Lange (41)
50. MAGNUS, G.: Die Behandlung und Begutachtung von Wirbelbrüchen. Münch. Med. Wschr. 76 (1929)
51. MAGNUS, G.: Frakturen und Luxationen. Verlag Julius-Springer Berlin 1937
52. MEINECKE, F. W.: Rehabilitation Querschnittsgelähmter Monatsschrift Unfallheilkund 66 (1963)
53. MERTENS, GUTTMANN, FOERSTER,: zitiert bei Leibnitz G. (44)

54. MEYER, NICOLESCO,: zitiert bei Leibnitz G. (44)
55. MILLER, J. W.: zitiert bei Lange E. (41)
56. MÜHLBAUER, H. E.: Art und Behandlungsergebnisse von Wirbelsäulenverletzungen anhand der Fälle der Bayerischen Bauberufsgenossenschaft. Med. Diss., München 1962
57. MUMENTHALER, M.: Neurologie, ein kurzgefaßtes Lehrbuch Thieme-Verlag Stuttgart 1976
58. NOODT, H.: Erfahrungen bei 30 Frakturen der Halswirbelsäule. Mschr. Unfallheilk. 1 (1964)
59. FITZEN, P., RÖSSLER, H.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Orthopädie. Urban & Schwarzenberg München 1976
60. REIFFERSCHIED, M.: Chirurgie. Ein kurzgefaßtes Lehrbuch. Thieme-Verlag Stuttgart 1970
61. REIMERS, C.: Erfahrungen zur chirurgischen Extensiosbehandlung bei Halswirbelluxationen. Langenbecks Arch. für klin. Chir. (1959)
62. ROGERS, W. A.: Fractures and Dislocations of The Cervical Spine. J. Bone Jt. Surg. 39-A (1957)
63. ROHEN, J. W. : Funktionelle Anatomie des Menschen. Schattauer-Verlag Stuttgart 1973
64. ROHEN, J. W. : Funktionelle Anatomie des Nervensystems. Schattauer-Verlag Stuttgart 1975
65. SCHMIEDEN, V.: Die operative Chirurgie der Wirbelsäule. Arch. für klin. Chir. 1962 338-417
66. SCHMORL, G. JUNGHANS, H.: Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik. Thieme-Verlag Stuttgart 1957
67. SCHNEIDER, D.: Traumatische Halswirbelläsionen unter bes. Berücksichtigung der knöchernen Verletzungen. Med. Diss. Hamburg 1969

68. SEYFARTH, H.: 120 Wirbelsäulenverletzungen (Frakturen) einschließlich der Spätergebnisse. Verh. dtsh. orthop. Gesellschaft 1960
69. SOBOTTA, J., BECHER, H.: Atlas der Anatomie des Menschen. Band I u. III Urban Schwarzenberg - Verlag München - Berlin 1961
70. SOYKA, D.: Kurzlehrbuch der klinischen Neurologie. Schattauer-Verlag Stuttgart 1975
71. TIETZE, A.: Partielle Querschnittslähmungen nach frischen Wirbelverletzungen. Chir. 22 1951
72. TÖNNIS, D.: Neue Gesichtspunkte zur Entstehung von Rückenmarksschädigungen bei Verletzungen der Wirbelsäule. Langenbecks Arch. für klinische Chirurgie 1959
73. UHLIG, F. R.: Hyperextensionsverletzungen an der Wirbelsäule durch Verkehrsunfälle. Med. Diss. Düsseldorf 1960
74. ÜBERMUTH, H.: Die Bandscheibe bei Wirbelsäulenverletzungen Zbl. Chir. 83, 51 (1958)
75. VOSS-HERRLINGER,: Taschenbuch der Anatomie. Band I und III Fischer-Verlag Stuttgart 1973
76. WEBER, E.: Die Indikation zur Laminektomie nach Wirbelfrakturen unter bes. Berücksichtigung der Spätlaminektomie. Mschr. Unfallheilk. 65 1962
77. WEBER, E.: Zur operativen Reposition der Halswirbel-luxation. Langenbecks Arch. für klinische Chirurgie 1959
78. WITT, A. N.: Klinik und Therapie der Wirbelsäulenverletzungen. Verh. dtsh. orthop. Ges. 1960
79. WEIBERG, W.: Luxationen und Frakturen der Halswirbelsäule. Med. Diss. Hamburg 1974

Ich möchte zum Schluß der Arbeit besonders Herrn Prof. Dr. Beck sehr herzlichen Dank für die Überlassung des Themas sowie Herrn Oberarzt Dr. Jörgensen und Herrn Dr. Hecht für ihre freundliche Unterstützung bei der Ausarbeitung und Ausgestaltung sagen.

Es war für mich eine große Freude und eine dankbare Aufgabe, mich mit den Anforderungen des Themas auseinanderzusetzen und somit mein Wissen und mein Verständnis für die Probleme der Unfallchirurgie zu vertiefen.

Gerhard Gremer

Lebenslauf

Ich wurde am 20. 7. 1939 in Steinwiesen geboren. Meine Eltern waren der Postschaffner Andreas Gremer und seine Ehefrau Barbara geb. Simon. Nach dem Besuch der Volks- und Handelsschule trat ich als Beamter des mittleren Dienstes in den Postdienst ein. Ab 1968 bereitete ich mich am Erzbischöflichen Abendgymnasium auf das Abitur vor und schloß im Juni 1972 mit dem Bestehen der Reifeprüfung meine schulische Ausbildung ab. Im Sommersemester 1973 begann ich das Medizinstudium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen/Nürnberg. Im Jahre 1975 legte ich die ärztliche Vorprüfung, 1976 das erste, 1978 das zweite und im Mai 1979 das dritte Staatsexamen ab. Seit Mai 1979 arbeite ich als Assistenzarzt am Kreiskrankenhaus in Lichtenfels.

Gerhard Gremer

